

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra obrábění a montáže**

**Návrh přípravku pro demontáž středících  
kolíků při opravě převodovky**

**Jig Proposal for Centering Pin Removal during Gearbox  
Repair**

Student:

**Bc. Ondřej Ferzik**

Vedoucí Diplomové práce:

**doc. Dr. Ing. Ivan Mrkvica**

**Ostrava 2011**

Touto cestou bych chtěl poděkovat doc. Dr. Ing. Ivanu Mrkvicovi za cenné rady a připomínky k této diplomové práci. Dále bych rád poděkoval své rodině za léta podporování mé touhy po vzdělání a byli mi dobrými rádci ve chvílích, kdy jsem si nevěděl rady.

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 22. května 2011

.....

podpis studenta

**Prohlašuji, že**

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, же Высoкá школа ба́нская – Техни́кая универзита Острава (да́ле же́н VŠB – TUO) ма́ пра́во нево́дделе́нне́ к све́ внутре́нне́й потре́бе дипломо́вую пра́цу ужи́т (§35 одст. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčním nahlédnutím a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- было́ сже́днано, же́ с VŠB – TUO, в при́падe за́йма з же́й стра́ны, уза́вру ли́ценче́нне́ с мо́гу ужи́т де́ло в ро́зсaху §12 одст. 4 ауто́рско́го за́кона.
- было́ сже́днано, же́ ужи́т све́ де́ло – дипломо́вую пра́цу же́бо поскы́тнуть ли́ценче́ к же́йму́ ву́здути мо́гу же́н се́ соу́гласе́м VŠB – TUO, же́ра́ же́ опра́внeна в та́ковeм при́падe о́де́ мне́ по́зaдoвaт при́ме́рны́й при́спeвeк на у́гpaду на́кладо́в, же́ре́ бы́лы VŠB – TUO на ву́здуо́ре́нне́ де́ла ву́нaло́же́ны (áж до же́йче́х скyте́че́нне́ ву́ше).
- беру на ве́доміі, же́ oде́взда́ва́нне́м све́ пра́це соу́гласи́м се́ зву́е́жне́нне́м све́ пра́це по́дле за́кона ч. 111/1998 Sb., o ву́со́кыче́х шко́лаче́х a o зме́не́ a до́плне́нне́ да́лше́йче́х за́коно́в (за́кон o ву́со́кыче́х шко́лаче́х), ve зне́нне́ по́здéжше́йче́х пре́дпи́со́в, же́з óгле́ду на ву́сле́де́к же́й о́бха́жо́бы.

Bc. Ondřej Ferzik  
Lukavice, Vlachov 17  
789 01 Zábřeh

V Ostravě 22. května 2011

.....  
podpis studenta

## Anotace diplomové práce

FERZIK, O.: Návrh přípravku pro demontáž středících kolíků při opravě převodovky. Ostrava: katedra obrábění a montáže, fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011, 49s. Diplomová práce vedoucí Mrkvica, I.

Diplomová práce se zabývá návrhem vhodného přípravku pro vytažení středících kolíků při opravách neshodné výroby převodových skříní. Při výběru jsem posuzoval jednotlivá schémata možných provedení přípravků s racionálním vyhodnocením optimální varianty. Pro vybraný přípravek je sestavena technická a konstrukční dokumentace, včetně ekonomického zhodnocení.

Klíčová slova: přípravek, návrh, konstrukce, páka, svěrka

## Abstract Thesis

FERZIK, O.: Jig Proposal for Centering Pin Removal during Gearbox Repair. Ostrava: Department of Working and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VSB - Technical University of Ostrava, 2011, 49s. Thesis leading Mrkvica, I.

The thesis deals with the proposal of the suitable jig for removal of centering pins by reparations of inappropriate production of gearbox. I assessed the individual schemes of possible developments of jigs with rational evaluation of optimal variation during the selection. For the selected jig is compiled a technical and structural documentation including a economic evaluation.

Key words: jig, proposal, structure, lever, clamp.

# Obsah

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A ZNAČEK .....</b>	<b>9</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>1 PŘÍPRAVKY .....</b>	<b>12</b>
1.1 KLASIFIKACE A DEFINICE PŘÍPRAVKŮ .....	12
1.2 VOLBA MATERIÁLU PRO PŘÍPRAVKY .....	13
1.3 ZÁSADY KONSTRUKCE PŘÍPRAVKŮ <sup>[1]</sup> .....	14
<b>2 NÁVRH PŘÍPRAVKU.....</b>	<b>15</b>
2.1 DIMENZOVÁNÍ LISOVANÉHO SPOJE <sup>[7],[8]</sup> .....	15
2.2 VARIANTY ŘEŠENÍ .....	17
2.2.1 Hlavní vytahovák.....	17
2.2.2 Samosvorné kleště .....	18
2.2.3 Svěráková upínka.....	19
2.2.4 Vyhodnocení vlastností přípravků.....	20
2.3 FINÁLNÍ PŘÍPRAVEK PRO VYTAHOVÁNÍ STŘEDÍCÍCH KOLÍKŮ .....	21
2.4 VÝPOČET UPÍNACÍCH SIL.....	22
2.4.1 Upnutí do čelistí <sup>[7],[8]</sup> .....	22
2.4.2 Stahovací šroub.....	22
2.4.1 Stažení čelistí [1] .....	24
2.5 TAŽNÝ PRVEK.....	26
<b>3 KONSTRUKCE PŘÍPRAVKU .....</b>	<b>31</b>
3.1 SVĚRKA .....	31
3.2 PÁKOVÍ .....	32
3.3 RÁM.....	33
3.3.1 Svařenec – A (Příl. č. 12).....	33
3.3.2 Svařenec – B (Příl. č. 15).....	33
3.4 TECHNICKÉ PARAMETRY PŘÍPRAVKU .....	34
<b>4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>36</b>
4.1 ODHAD VÝROBNÍ A MONTÁŽNÍ CENY PŘÍPRAVKU .....	37
4.1.1 Cena svěrky.....	37
4.1.2 Cena pákoví.....	38
4.1.3 Cena rámu.....	39
4.2 CELKOVÁ CENA VYTAHOVÁKU KOLÍKŮ .....	42

---

<b>5</b>	<b>NÁVOD POUŽITÍ: VYTAHOVÁK KOLÍKŮ .....</b>	<b>43</b>
5.1	USTAVENÍ PŘÍPRAVKU DO PRACOVNÍ POHOTOVOSTI .....	43
5.2	PŘÍPRAVA K DEMONTÁŽI KOLÍKŮ .....	43
5.3	DEMONTÁŽ KOLÍKU .....	44
5.4	ÚDRŽBA PŘÍPRAVKU .....	44
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>45</b>
	<b>SEZNAM LITERATURY, PRAMENY .....</b>	<b>46</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>47</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>48</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>49</b>

## Seznam použitých zkratk a značek

Zkratka / Značky	Popis	Jednotka
$\alpha$	vrcholový úhel závitu	[°]
$\beta$	úhel stoupání závitu	[°]
$\Delta d_z$	ztrátový přesah lisovaného spoje	[m]
$\mu$	poissonova konstanta	[-]
$\vartheta$	třecí úhel	[°]
$\sigma$	nominální napětí	[MPa]
$\sigma_{DO}$	dovolené napětí v ohybu	[MPa]
$d$	průměr otvoru/hřídele	[m]
$d_2$	střední průměr závitu	[m]
$d_3$	malý průměr závitu	[m]
$e_i$	dolní mez rozměru hřídele	[m]
$e_s$	horní mez rozměru hřídele	[m]
$f$	součinitel smykového tření	[-]
$f'$	ekvivalentní součinitel smykového tření	[-]
$k$	součinitel bezpečnosti	[-]
$a, b, h, l, m, n, t$	délka	[m]
$m$	výška matice	[m]
$p$	tlak/otlačení	[MPa]
$p_D$	dovolené otlačení	[MPa]
$p_{sk}$	skutečný tlak	[MPa]
$z$	počet závitu	[-]
$A$	tažnost	[%]
$C$	rozměrová charakteristika spoje	[-]
$D$	roztečný průměr třecí plochy, matice – šroub	[m]
$E$	modul pružnosti v tahu	[MPa]
$E_i$	dolní mez rozměru díry	[m]
$E_s$	horní mez rozměru díry	[m]
$F_A/F_O$	axiální/osová síla	[N]
$F_a$	reakční síla	[N]
$F_{dov}$	doporučená osová síla působící na šroub	[N]
$F_N$	normálová síla	[N]



---

$F_t$	třecí síla	[N]
$F_U$	utahovací síla	[N]
$H_1$	nosná délka závitu	[m]
$L$	délka ramene páky	[m]
$M_1$	třecí moment mezi hlavou závitu a podložkou	[Nm]
$M_2$	třecí moment v závitu	[Nm]
$M_3$	moment převedený na axiální sílu	[Nm]
$M_O$	ohybový moment	[Nm]
$M_U$	utahovací moment	[Nm]
$P$	stoupání závitu	[m]
$R_a$	aritmetický průměr drsnosti povrchu	[MPa]
$R_e$	mez kluzu	[MPa]
$R_m$	mez pevnosti	[MPa]
$R_{p0,2}$	smluvní mez kluzu	[MPa]
$S$	plocha	[m <sup>2</sup> ]
$W_O$	modul průřezu v ohybu	[m <sup>3</sup> ]
4HR	čtyřhran (trubka nebo tyč)	
FEM/MKP	finite element method/metoda konečných prvků	
Pákoví	soustava dvou a více pák.	
PL	plech	
TR	trubka	

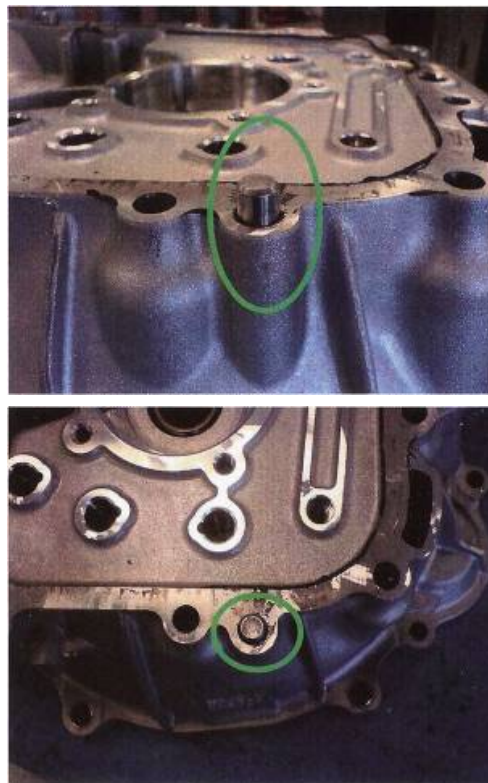
## Úvod

Tato práce se zabývá návrhem vhodného přípravku pro vytažení středících kolíků při opravách neshodné výroby převodových skříní. Navržený přípravek může být využit i pro všechny obdobné operace demontáže, kde je nutné vytáhnout nalisovaný kolík (čep).

Spouštěcím impulsem byla nutnost urychlení a zjednodušení občasné demontáže středících kolíků po zjištění neshody. Výrobce převodových skříní odesílá nevyhovující odlitky na úpravu zpět svému subdodavateli, proto musí odstranit veškeré komponenty, které již na převodovou skříň umístil. Což zahrnuje i výše zmíněné středící kolíky z konstrukční oceli. Stávající vybavení pracoviště montáže převodových skříní zatím neobsahuje žádný adekvátní prostředek pro tuto metodu demontáže. Pokud nastane situace, kdy pracovník musí demontovat středící kolíky, má v podstatě k dispozici pouze dílenský svěrák na ponku, do kterého pevně sevře čep a následně pohybem celé převodové skříně jej vytrhává. Pokoušeli se uchopit středící kolík do sklíčidla ruční vrtačky, ale toto upnutí nebylo dostatečné. Při upnutí do svěráku a nešetrném zacházení dochází k mechanickému poškození převodové skříně (úštipky, otlaky,...). Všechny výše zmíněné metody jsou neefektivní a na hraně bezpečnosti práce a ochrany zdraví.

Proto by si zadavatel přál provést návrh adekvátního přípravku, který by výhradně v jeho provozovně sloužil k demontáži středících kolíků. Za předpokladu, že nesmí dojít k poškození (znehodnocení) skříně převodovky. Deformace kolíku je přípustná, jde o spotřební materiál, běžně nahraditelnou část.

Nejedná se o častou činnost, proto zde nebudu uvažovat o úspoře vedlejších časů. Přípravek by neměl být zbytečně složitý na obsluhu a hlavně cenově nepřijatelný (nadměrné pořizovací a provozní náklady).



Obr. 1 Převodová skříň s vyznačeným kolíkem

# 1 Přípravky

Přípravky ovlivňují prakticky celou výrobu od počátku, až do konce. Svému uživateli mají poskytnout zkvalitnění, zrychlení, zjednodušení jednotlivých úkonů, které je potřebné provádět. Proto, když se rozhlédneme po běžném provozu, tak objevíme nezměrné množství přípravků. Dokonce je už ve výrobach i několik přípravků, které obsluha ani za přípravek nepovažuje, ale vnímá je jako běžnou součást stroje/nástroje. Je celkem zřejmé, že je neustále kladen požadavek na vývoj, renovaci a úpravu přípravků, které by pozitivně ovlivnily výrobní proces.

## 1.1 Klasifikace a definice přípravků

Přípravek je možno definovat jako pomocné (speciální) výrobní zařízení:

- umožňující jednoznačné ustavení soustavy obrobek  $\times$  nástroj,
- zvyšující produktivitu práce,
- pro zabezpečení požadované výrobní přesnosti,
- rozlišující technologickou vybavenost stroje.

Klasifikace přípravků se dělí podle několika charakteristických znaků<sup>[2]</sup>.

a) *Podle operačních znaků:*

- ***strojní (obráběcí) přípravky*** – slouží k ustavení obrobku na obráběcím zařízení.  
Dále se dělí na brusné, frézovací, soustružnické, vrtací, atd.,
- ***kontrolní přípravky*** – určeny pro kontrolu rozměru a tvaru součástí,
- ***montážní přípravky*** – usnadňují spojování sdružených částí a montážních jednotek. Jsou zde zahrnuty i svařovací přípravky,
- ***podávací přípravky*** – automatizované přemísťování dílců,
- ***přípravky pro upevňování nástrojů***,
- ***ostatní pomocná a dílenská zařízení***.

*b) Podle stupně specializace:*

- **univerzální** – upínání obrobků různých tvarů, druhů a provedení v určitém rozsahu velikosti,
- **speciální** – jsou jednoúčelové, neseřizovatelné a slouží k upnutí obrobku pro přesně specifikovanou operaci,
- **skupinové** – pro upínání typově stejných kusů s obdobnou technologií a konstrukcí,
- **stavebnicové** – kompletace z typizovaných a normalizovaných prvků.

*c) Podle zdrojů upínací síly:*

- **přípravky s ručním upínáním,**
- **přípravky s mechanickým upínáním.**

## 1.2 Volba materiálu pro přípravky

Materiál pro přípravek musí plně vyhovovat všem kritériím kladeným na přípravek (pevnost, tuhost, odolnost proti opotřebení, cena,...).

Hlediska, která rozhodují o volbě materiálu <sup>[1]</sup>:

- namáhání, opotřebování, tvar a funkce uvažovaného přípravku,
- nejmenší stupeň obrábění přípravku,
- počet kusů vyráběných přípravků,
- pracovní prostředí, pro které je přípravek určen,
- požadovaná přesnost přípravku,
- cena a výrobní možnosti,
- hmotnost přípravku.

Všechny tyto faktory by se u volby měly vyskytnout a měly by být při konstrukci respektovány. Přípravek totiž musí umožnit, usnadnit či zjednodušit výrobu. Náklady na jeho zhotovení mají být minimální, přesnost jeho činnosti co nejvyšší se zaručenou opakovatelností.

### 1.3 Zásady konstrukce přípravků<sup>[1]</sup>

U kusové a malosériové výroby se jedná o úzkoprofilovou výrobu, proto je vhodné přípravky pro tyto kategorie volit tak, aby byly jednoduché a levné.

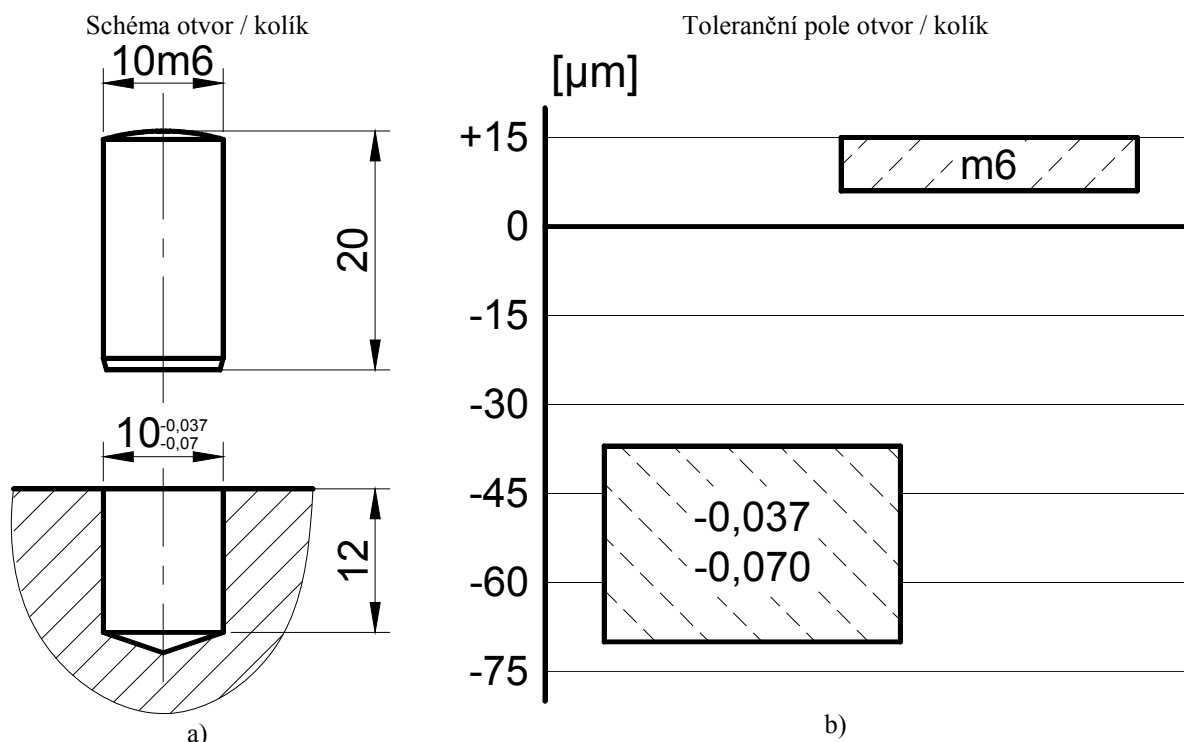
Důležité konstrukční zásady:

- a) Před samotným návrhem je nutné pevně stanovit pracovní postup vyráběné součásti. Zvláště důležité je určit základní plochu resp. díru, která bude výchozí při dalších činnostech.
- b) Na menší sérii je dobré uspořádat operace tak, aby se jednoho upínacího přípravku dalo využít pro více operací.
- c) Obráběná plocha musí ležet co nejbližší k upínací ploše stroje, aby byla zaručena stabilita upínacího přípravku.
- d) Přípravek musí být tuhý, aby nebyl deformován působením pracovních sil.
- e) Pro zafixování pracovní polohy musí být užito pevných dorazů. Výslednice pracovních sil má proto být pokud možno proti pevným dorazům.
- f) Obsluha přípravku by měla být jednoduchá a pohodlná. Ovládací prvky by měly být dobře přístupné, jejich počet by neměl být přemrštěný. Pro snížení námahy při obsluze lze využít převody mechanických částí. Upínání a uvolňování má být provedeno v co nejkratším čase.
- g) Má-li se s přípravkem manipulovat, nesmí jeho celková hmotnost přesáhnout 20kg. Pro snazší přepravu je dobré jej vybavit rukojetí nebo něčím podobným.
- h) Snadná údržba čistoty na dosedacích plochách.
- i) Plochy vystavované opotřebení mají být tvrdé a vyměnitelné.
- j) Všechny ostré hrany, s kterými se může dostat do kontaktu obsluha přípravku, mají být zakulacené.
- k) Při vkládání předmětu do přípravku se musí dbát na bezpečnost obsluhy.
- l) Pro konstrukci je dobré využívat normalizované součásti. Pokud to prostředí dovoluje, využít stávajících přípravků nebo jejich modifikaci.
- m) Je žádoucí přípravek řešit stavebnicově.
- n) Konstrukce nesmí připustit nesprávné vložení předmětu (obrobku).

## 2 Návrh přípravku

### 2.1 Dimenzování lisovaného spoje<sup>[7],[8]</sup>

#### Schéma uložení středícího kolíku



Obr. 2 Schéma uložení kolík / otvor

Na Obr. 2 a) je znázorněno uložení středícího kolíku v převodové skříni. Z obrázku b) je evidentní, že se jedná o uložení s přesahem, neboli lisovaný spoj. Parametry tohoto lisovaného spoje jsou uvedeny v tabulce níže.

Tab. 1 Parametry kolíků a děr na převodové skříni

Kolík						
Ød	10m6	mm		es	+0,015	mm
l	20	mm		ei	+0,006	mm
E	2,1·10 <sup>5</sup>	MPa		R <sub>a</sub>	1,6	μm
μ	0,3					
Převodová skříň						
Ød	10	mm		ES	-0,037	mm
l	12	mm		EI	-0,070	mm
E	0,7·10 <sup>5</sup>	MPa		R <sub>a</sub>	3,2	μm
μ	0,34			stěna	4	mm

Pro návrh přípravku je nutné znát axiální sílu nalisování, kterou je nutno při demontáži kolíku překonat.

Maximální axiální síla

$$F_{A\ MAX} = \frac{1}{k} \cdot p_{sk\ MAX} \cdot d \cdot l \cdot f \cdot \pi \quad (1)$$

Skutečný maximální tlak

$$p_{sk\ MAX} = \frac{\Delta d_{sk\ MAX}}{d \cdot \left( \frac{1 - \mu_1}{E_1} + \frac{C + \mu_2}{E_2} \right)} \quad (2)$$

$$\Delta d_{sk\ MAX} = \Delta d_{MAX} - \Delta d_z \quad (3)$$

$$\Delta d_{MAX} = es - El \quad (4)$$

$$\Delta d_z = 1,2 \cdot (4 \cdot Ra_d + 4 \cdot Ra_h) \quad (5)$$

Rozměrová charakteristika spoje

$$C = \frac{r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \quad (6)$$

*Jedná se o charakteristiku lisovaného spoje, kdy hodnoty  $r_1$  a  $r_2$  jsou rozměry spojení při řešení tlustostěnných nádob. Rozměr  $r_1$  je vnitřní poloměr náboje respektive vnější poloměr hřídele. Rozměr  $r_2$  je vnější poloměr náboje.*

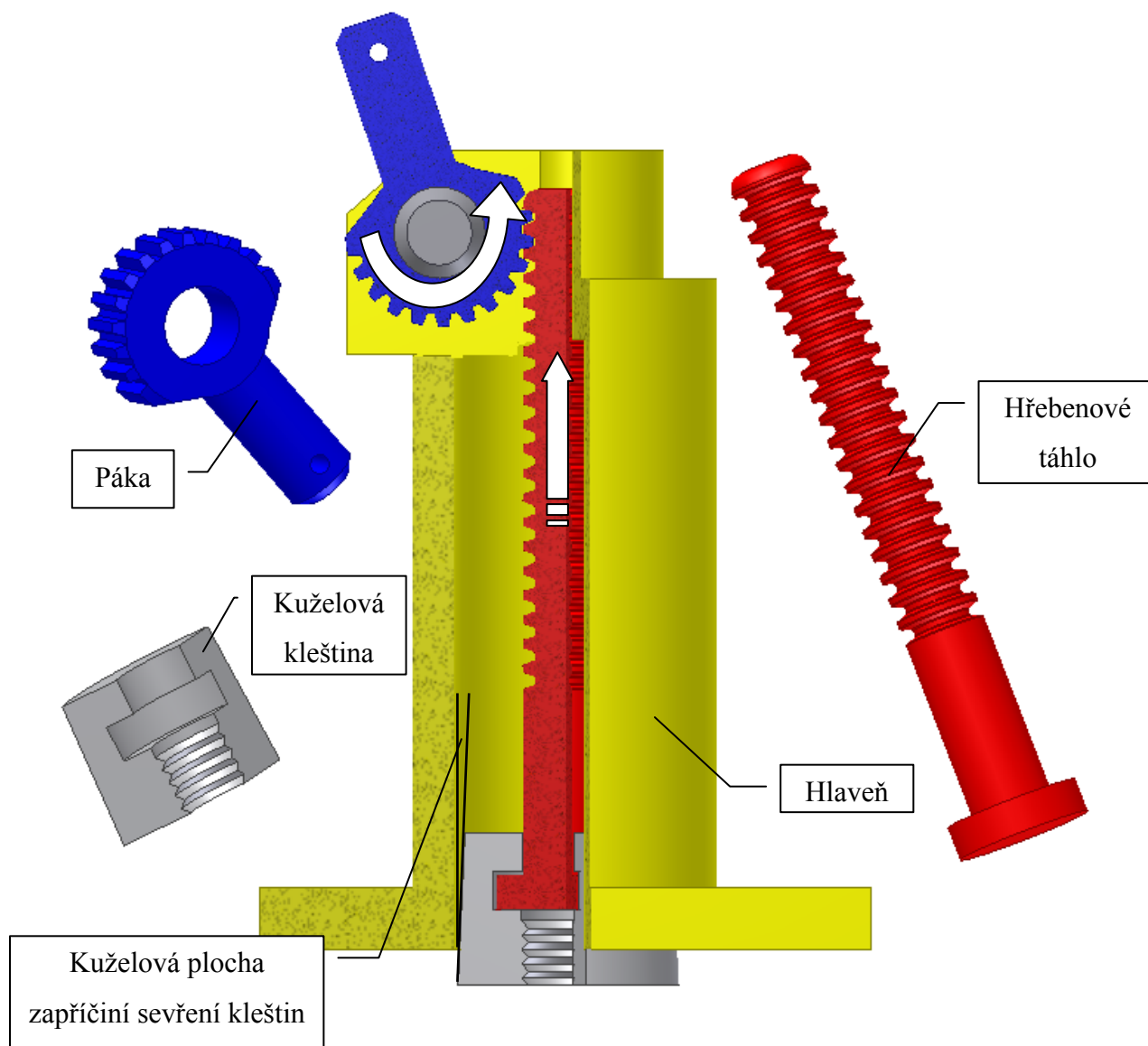
Na základě výše uvedených rovnic jsem provedl výpočet axiální síly v kolíku, kterou je potřebné překonat, aby byl kolík vytážen.

$$\begin{aligned} C &= 3,0833 & \Delta d_z &= 23,04\ \mu m & \Delta d_{MAX} &= 0,085\ mm \\ \Delta d_{sk\ MAX} &\cong 0,062\ mm & p_{sk\ MAX} &\cong 146\ MPa \\ F_{A\ MAX} &\cong \mathbf{8300\ N} \end{aligned}$$

Výsledná axiální síla (8300N) je vcelku vysoká, přesto se budu raději snažit při návrhu přípravku směřovat na ruční mechanické ovládání pro jeho nižší pořizovací a provozní náklady (než alternativní možnosti jako elektrické, hydraulické nebo pneumatické zařízení), pro zajištění návratnosti a efektivity vložené investice. Nespornou výhodou je, že zařízení není vázáno na další pohonná média (elektrická, hydraulická, pneumatická energie), tím snižuje nároky na zaškolení obsluhy a jeho provoz.

## 2.2 Varianty řešení

### 2.2.1 Hlavňový vytahovák



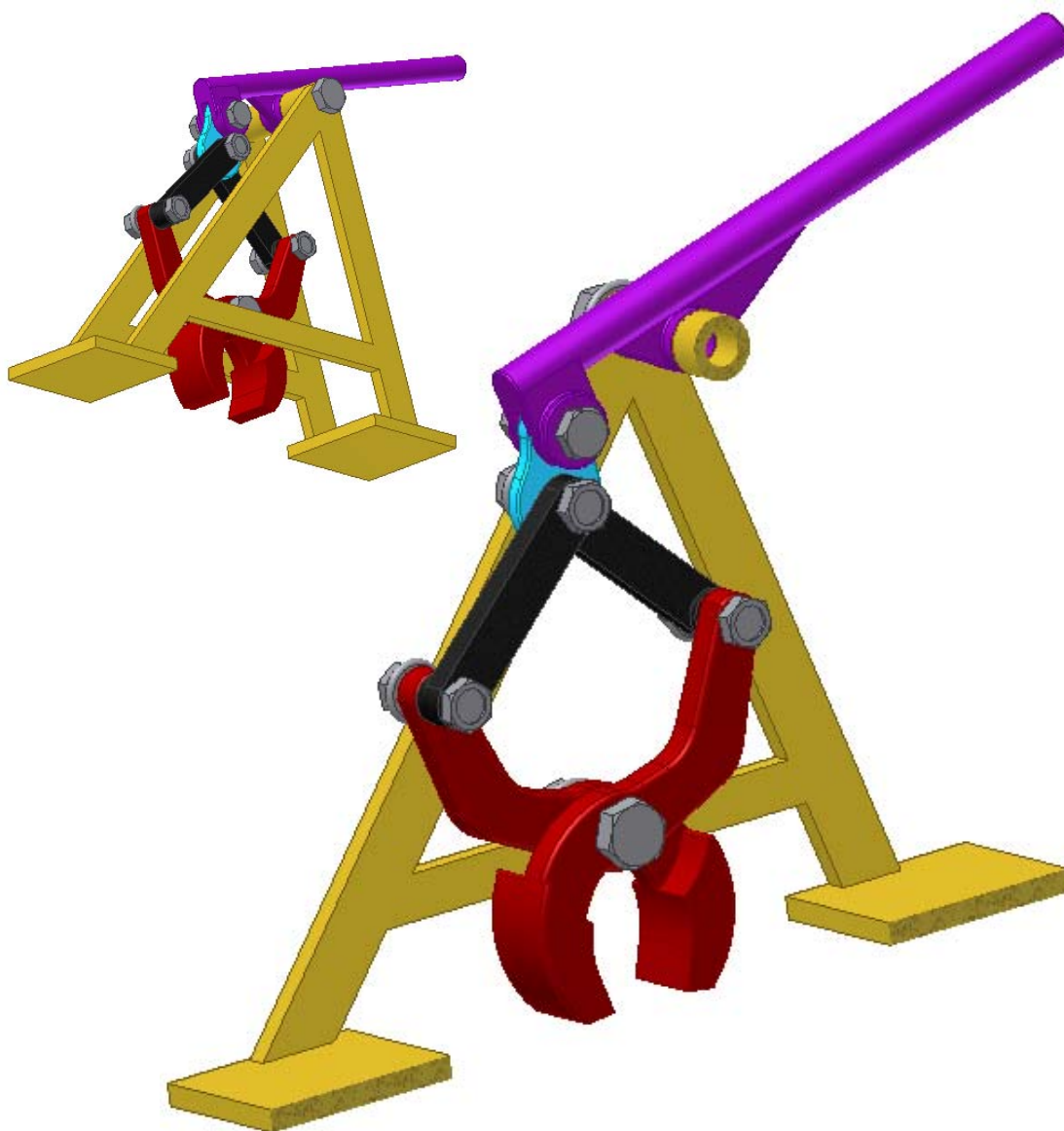
Obr. 3 Schéma hlavňového vytahováku

Hlavňový vytahovák by fungoval na principu uchopení kolíku do drážkovaných klestín, kdy upnutí kolíku je uskutečněno za pomoci stlačování hlavě po kuželové ploše klestín za pomoci dostatečné páky. Poté, co hlavě dojde až na konec klestín a opře se opěrnou patou o skříň převodovky, tak další pohyb pákou vyvolá pohyb klestín se sevřeným kolíkem směrem vzhůru.

Požadavek na hlavě a kleštiny klade vysoké nároky na otěruvzdornost. Dále by muselo být vyřešeno následné uvolnění klestín s kolíkem, což by mohla zajistit tlačná pružina nasazená na táhlo, která by plnila funkci vyhazovače.



### 2.2.2 Samosvorné kleště



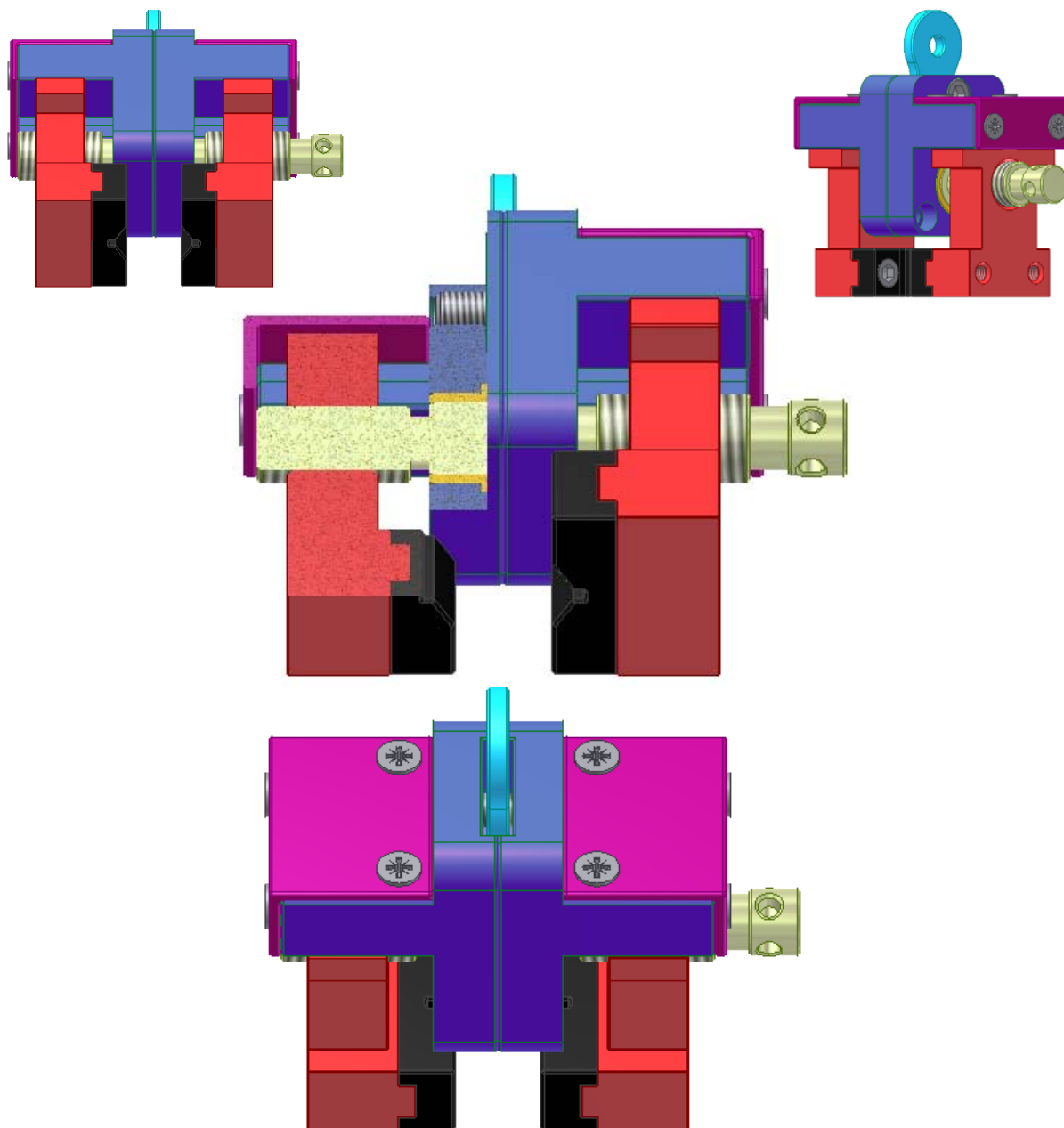
*Obr. 4 Schéma samosvorných kleští*

Dalším možným přípravkem pro demontáž středících kolíků jsou samosvorné kleště. Tato metoda se úspěšně používá pro manipulaci s těžkým hutním materiálem a obdobných břemen pomocí jeřábu. Materiál je do čelistí pouze uchycen k nesení. Než se uskuteční dostatečné sevření tažnou silou, dochází ke klouzání čelistí po materiálu.

Tato skutečnost je vzhledem k malým rozměrům kolíku pro danou aplikaci nevyhovující. Z čehož vyplývá, že by kleště musely vyvolat dostatečný svěrný tlak tak, aby se zakously do kolíku, než dojde k vytahování.

Konstrukce tohoto přípravku by byla velmi jednoduchá, avšak vyvolání svěrného tlaku by bylo asi nedostačující.

### 2.2.3 Svěráková upínka



Obr. 5 Schéma svěrákové upínky

Svěrka, neboli v tomto případě malý svěrák, umožní vyvolat velké upínací tlaky. Rozsah sevření není omezen na upínání předmětu jednoho tvaru a průměru. Z čehož vyplývá, že svěrka se dá použít pro uchopení různých tvarů v určitém rozsahu, s kterými se dá následně za pomoci svěrky manipulovat.

Takováto svěrka je ovšem dosti mohutná a konstrukčně náročná pro jednorázovou výrobu. Svými rozměry dosti znesnadňuje umístění rámu pro páku, za jejíž pomoci se bude svěrka zvedat při vytahování kolíku.

### 2.2.4 Vyhodnocení vlastností přípravků

Kritéria budou porovnávána za pomoci ohodnocení každého přípravku v dané kategorii v rozmezí 0 až 2, kdy 0 bude odpovídat tvrzení NEHODÍČÍ SE a hodnota 2 zase VYHOVUJÍCÍ. Přípravek s největším bodovým ohodnocením se tím pádem stává nejvhodnějším kandidátem pro realizaci.

Tab. 2 Vyhodnocení

	Hlavnový vytahovák	Samosvorné kleště	Svěrková upínka
Složitost konstrukce přípravku.	0	2	1
Manipulace s přípravkem (složitost ovládání, schopnost přípravek přestavit na nové pracoviště z časového hlediska).	1	2	0
Upnutí za pomoci přípravku (upínací tlak, jednoznačnost ustavení).	1	0	2
Rozsah upnutí (schopnost upnout i jiné předměty než je navrhováno).	0	1	2
Využitelnost pro jiné operace (zda se jedná o jednoúčelový nebo víceúčelový přípravek).	0	1	2
Předpokládané náklady na výrobu.	0	2	1
$\Sigma$ Celkové bodové hodnocení	2	8	8

Z tabulky vlastností přípravků vychází jako nejvhodnější pro danou aplikaci hned dva zástupci. Samosvorné kleště pro svou jednoduchou a uživatelsky nenáročnou koncepci (jedná se o velmi snadnou soustavu pák) a nízké pořizovací náklady. Druhým vhodným kandidátem je svěrková upínka pro svou variabilitu a přesně definované upnutí.

Výše jsem upozornil na nedostatečnou schopnost úchopu samosvorných kleští. Proto bude vhodné uvažovat sice o mírně složitějším, avšak co se týče upnutí, stabilnější svěrné upínce, která zajistí požadovaný svěrný tlak.

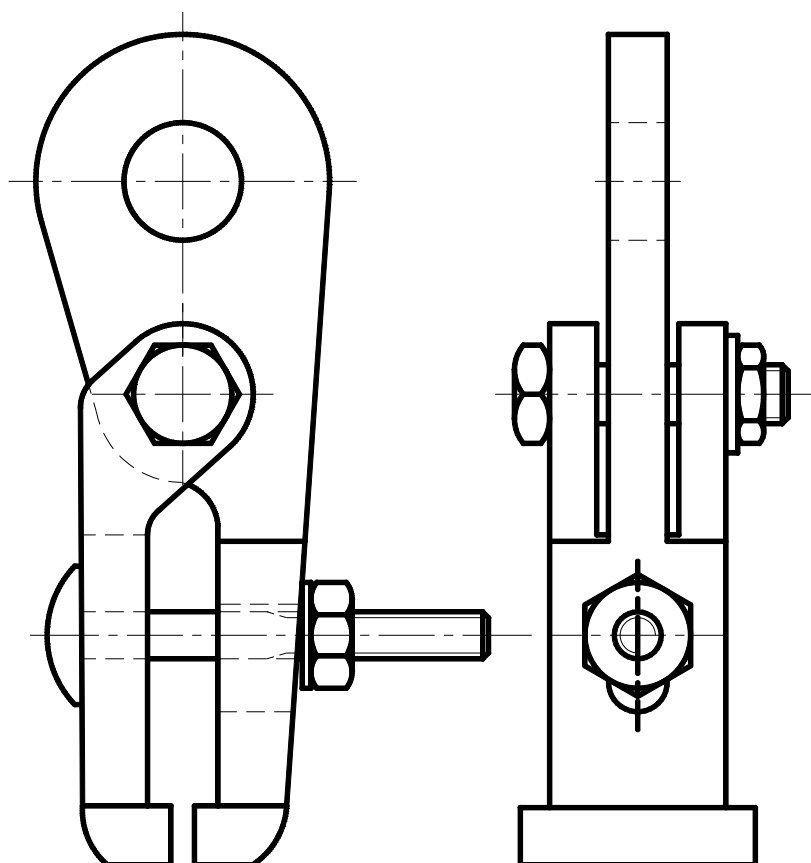
Ideální bude zkombinovat klady obou druhů přípravků a tím stvořit optimální přípravek, který bude mít jednoduchou konstrukci, pro nenáročnou a jednoznačnou práci s upnutím silným v libovolném rozsahu. Cílem není vytvořit pouze jednoúčelové zařízení, přípravek by měl být v širším rozsahu použitelný i pro další obdobné úkony.

## 2.3 Finální přípravek pro vytahování středících kolíků

Výsledkem hodnocení možných variant řešení (při zohlednění běžných na trhu dostupných přípravků) pro zadanou aplikaci vyjmutí zalisovaného kolíku z odlitku převodové skříně, je svěrka ruční zámečnická s křídlovou maticí viz obrázek 6. Jedná se o snadný mechanismus páky a šroubu, který je schopen vyvolat značný upínací tlak. U tohoto konceptu se pouze musí přepracovat způsob zavěšení (přichycení) k dalšímu mechanismu, pomocí něhož by bylo možno vytáhnout upnutou svěrku na kolíku. Prvotní návrh části daného přípravku viz obrázek 7



Obr. 6 Svěrka ruční zámečnická s křídlovou maticí<sup>[3]</sup>



Obr. 7 Schéma svěrky

## 2.4 Výpočet upínacích sil

### 2.4.1 Upnutí do čelistí<sup>[7],[8]</sup>

Třecí síla

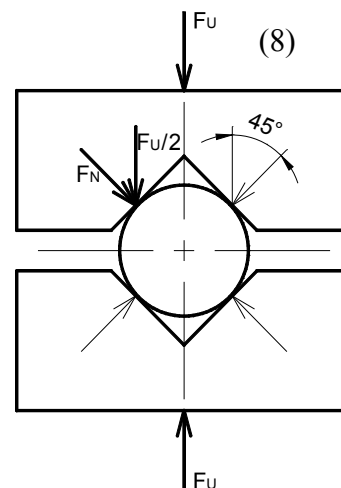
$$F_t = F_N \cdot f = \frac{F_u}{2 \cdot \cos 45^\circ} \cdot f \quad (7)$$

Axiální síla

$$F_A = 4 \cdot F_t = \frac{2 \cdot F_u}{\cos 45^\circ} \cdot f \rightarrow \boxed{F_U = \frac{F_A \cdot \cos 45^\circ}{2 \cdot f}} \quad (8)$$

Upínací síla čelistí

$$F_U = \frac{F_A \cdot \cos 45^\circ}{2 \cdot f} = \frac{8300 \cdot \cos 45^\circ}{2 \cdot 0,2} = \mathbf{14670 \text{ N}}$$



### 2.4.2 Stahovací šroub

Pro výpočet jsem si zvolil vhodná vstupní data utahovacího šroubu, dle Strojnických tabulek<sup>[5]</sup>.

**ŠROUB M12 ISO 8676 - 8.8.**

Tento šroub má následující vlastnosti:

$R_{e\min} = 640\text{MPa}$ ;  $R_m = 800\div 1000\text{MPa}$ ;  $F_{dov} = 28770\text{N}$ ;  $p_D = 150\text{MPa}$

Pro mé výpočty si volím axiální zatížení šroubu **25000N**.

Tab. 3 Parametry ŠROUBU M12x1,5

$d_2$	11,026mm	$f_2$	0,15
$d_3$	10,160mm	$f_3$	0,2
P	1,5mm	$\alpha$	60°
$R_{p0,2}$	640MPa	$F_O$	25000N
k	2	D	15,5mm

Nominální napětí ve šroubu<sup>[4]</sup>

$$\sigma = \frac{4 \cdot F_O}{\pi \cdot d_3^2} \leq \frac{R_{p0,2}}{k} [\text{MPa}] \quad (9)$$

$$308 \leq 320 \rightarrow \boxed{\text{VYHOVUJE}}$$

Utahovací moment <sup>[4]</sup>

$$M_U = M_1 + M_2 + M_3 \quad (10)$$

$$M_1 = F_O \cdot f_3 \cdot \frac{D}{2} \quad (11)$$

 $M_1$  ... třecí moment mezi hlavou šroubu a podložkou

$$M_2 = F_O \cdot \frac{f_2}{\cos(\alpha/2)} \cdot \frac{d_2}{2} \quad \dots \text{třecí moment v závitu} \quad (12)$$

$$M_3 = F_O \cdot \tan(\beta) \cdot \frac{d_2}{2} \quad (13)$$

 $M_3$  ... moment převedený na axiální sílu

$$f' = \frac{f_2}{\cos(\alpha/2)} \quad \dots \text{efektivní součinitel smykového tření} \quad (14)$$

$$\vartheta = \tan^{-1}(f') \quad \dots \text{třecí úhel} \quad (15)$$

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{p}{\pi \cdot d_2}\right) \quad \dots \text{úhel stoupání závitu} \quad (16)$$

Po úpravě předchozích rovnic (10 - 13) dostaneme výsledný tvar rovnice pro moment utahování v podobě:

$$M_U = F_O \cdot \left[ f_3 \cdot \frac{D}{2} + \tan(\vartheta + \beta) \cdot \frac{d_2}{2} \right] \quad (17)$$

Pak vlastní výpočet vypadá následně:

$$\vartheta = 9^\circ 49'$$

$$\beta = 2^\circ 28'$$

$$(\vartheta + \beta) = 12^\circ 17'$$

$$M_U \cong \mathbf{68800 \, N \cdot mm}$$

Z tohoto utahovacího momentu jsem stanovil teoretický silový moment, který bude muset vykonat pracovník, když bude upínat kolík do přípravku. Předpokládám-li, že pracovník je schopen působit na utahovací klíč silou cca 300N, jsem schopen stanovit minimální délku ramena klíče.

$$L = \frac{M_U}{F} = \frac{68800}{300} \cong 230 \, mm$$

Tato délka ramene odpovídá běžné délce očkového klíče 18mm

Dále je nutné vypočítat minimální výšku matice (kvůli odolnosti proti otlacení).

$$p = \frac{F_o}{S} = \frac{F_o}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot z} \leq p_D \quad (18)$$

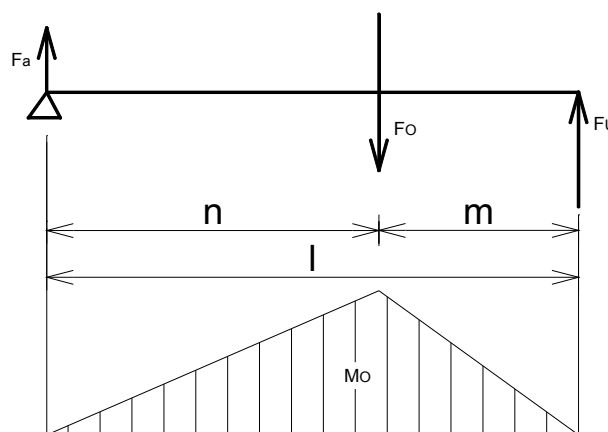
$$z = \frac{F_o}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D} \cong 3 \text{ závitů}$$

$$m = p \cdot z = 4,5 \text{ mm} \quad \dots \text{výška matice}$$

Volím **MATICE M12 ISO 4032 – 8**

#### 2.4.1 Stažení čelistí [1]

Upínky, jedná se o dvou-ramenné páky, kterých se používá k upínání předmětů. Umožňují přenést upínací sílu do nejvýhodnějšího místa, čehož by se jiným způsobem velmi obtížně dosahovalo. Upínkami lze upínací sílu rozdělit a zároveň i usnadnit vkládání a vyjímání obrobku. Uspořádání upnutí je na Obr. 8.  $F_a$  zde značí reakci opěry,  $F_o$  ovládací sílu v ose šroubu a  $F_U$  upínací sílu působící na kolík. Vzhledem k působení sil je upínka nosníkem na dvou podpěrách, zatížena silou mezi podpěrami.



Obr. 8 Schéma rozložení sil v rameni přípravku

Podle rovnovážného stavu platí:

$$F_U = F_o \cdot \frac{n}{l}; \quad F_a = F_o \cdot \frac{m}{l}; \quad M_{Omax} = F_o \cdot \frac{m \cdot n}{l}$$

Tab. 4 Rozložení sil na čelistech

Upínka	$F_{Omax}$	25000N				
l	100	120	<b>150</b>	180	200	[mm]
m	25	25	<b>25</b>	25	25	[mm]
n	75	95	<b>125</b>	155	175	[mm]
$F_U$	18750	19792	<b>20833</b>	21528	21875	[N]
$F_a$	6250	5208	<b>4167</b>	3472	3125	[N]
$M_{Omax}$	468750	494792	<b>520833</b>	538194	546875	[Nmm]

Ve zvýrazněné části tabulky jsou vybrané parametry, dle kterých bude upínka konstruována. Jedná se o páku, kdy její celková délka mezi dvěma krajními opěrami je 150mm. Z obr. 8 ovládací síla  $F_o$  je od síly upínací  $F_U$  vzdálena 25mm. Potom maximální ohybový moment je 520,8Nm s uvažovanou ovládací silou 25000N od stahovacího šroubu. Tato upínka

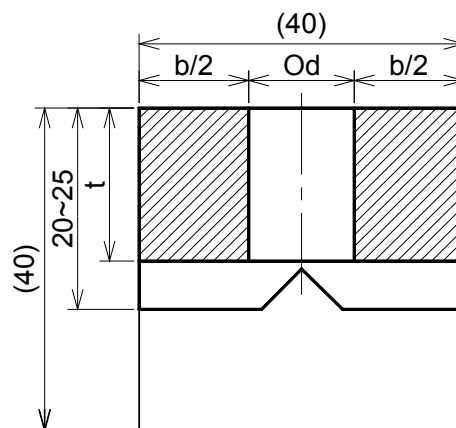
při tomto složení vyvine utahovací sílu až 20833N, tato upínací síla kompenzuje až **11785N axiální síly**, bez proklouznutí.

Dále je nutné stanovit průřez plochy kleští v místě stahování šroubem. Jedná se o nejužší místo profilu, které musí přenést nejvyšší tlak. Proto je nutné stanovit tuhost kleští z hlediska ohybu. S tím souvisí volba polotovaru kleští (průřez, materiál).

### Dimenzování ramen kleští na ohyb

Polotovar jsem volil z katalogu velkoobchodu s hutním materiálem Ferona<sup>[9]</sup>, pro své účely jsem vybral čtvercovou tyč 40x40mm (**4HR 40 A -500 ČSN EN 10059**) zhotovenou z materiálu **16MnCr5+A (1.7131) dle EN 10084**.

Zvolený materiál má tyto charakteristické mechanické vlastnosti<sup>[10]</sup>  $R_e = 490\text{MPa}$ ;  $R_m = 685\div 930\text{MPa}$ ;  $A = 10\%$ .



Obr. 9 Rozvržení polotovaru kleští pro výpočet ohybového napětí.

Ohybové napětí:

$$\frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{Do} \quad (19)$$

Dovolené napětí v ohybu:

$$\sigma_{Do} = \frac{Re}{k} \quad (20)$$

$k$  – součinitel bezpečnosti pro ohyb (1,6 – 1,7)

Modul průřezu v ohybu:

$$W_o = \frac{t \cdot b^2}{6} \quad (21)$$

Po dosazení:

$$\sigma_{Do} = 288 \text{ MPa}$$

$$W_o \geq \frac{M_o}{\sigma_{Do}} = \mathbf{1808 \text{ mm}^3}$$

Materiál kleští s vyvrtaným otvorem pro stahovací šroub musí mít modul průřezu v ohybu nejméně  $1808\text{mm}^3$ , aby vydržel maximální tlak, který může vyvolat stahovací šroub, což je 25000N.



## 2.5 Tažný prvek

Tažným prvkem je prostředek, kterým bude kolík upevněný ve svorce tažen kolmo vzhůru. V této oblasti se naskýtá nepřeberná řada možností. Svěrka může být připevněna jak k mechanickému zařízení, tak k dalším zdrojům kinetické energie (elektromotory, pneuválce, hydraulické písty). S ohledem na požadavky zadavatele by cena kompletního přípravku neměla být nikterak vysoká, proto jsem předem zavrhl sofistikované možnosti a hledal jsem řešení v oblasti mechanických prvků ovládání na bázi ručního nářadí.

Mechanický tažný systém by měl být schopen vyvinout potřebnou sílu k vytažení kolíku. Ovládací síla tohoto mechanismu by měla být v možnostech běžného pracovníka. Rozměry musí odpovídat bezpečnosti a to tak, že při ovládání přípravku pracovník nesmí zasahovat do pracovního prostoru jiných pracovišť. Nezbytným kritériem dle mého názoru je i ovladatelnost přípravku, a tím myslím opakovatelnost operace v co nejkratší době.

Z jednoduchých strojů jsem volil mezi pákou a nakloněnou rovinou. Nejschůdnějším představitelem nakloněné roviny vhodného pro zdvih svěrky je šroub. Šroub, jako takový je vhodným nositelem velkých osových sil, jak jsem se již přesvědčil u návrhu svěrného šroubu pro svěrku. Jeho propozice jsou stavěny jen na velmi malé reakční časy, šroub sice překoná velkou osovou sílu, avšak jeho stoupání značně omezuje rychlý zdvih. Pokud bych vybíral pouze z řad běžných závitů, tak jediný závit, který by na jednu otáčku překonal zdvih minimálně 12mm, by byl lichoběžníkový o  $\varnothing 44\text{mm}$ . Což je zbytečně robustní závit pro tento účel nevyhovující, přitom na osovou sílu, kterou je schopna udržet svorka by bohatě stačil závit M10 pevnostní třídy 6.8, ale tento závit by musel být otočen 8x, na požadovanou délku zdvihu (tj. o 12mm). Pak na jedné převodové skřini by obsluha tento šroub musela otočit minimálně 40x, aby byla schopna vytáhnout všechny 3 středící kolíky. I z tohoto důvodu se šroub jeví jako nevhodná a pro obsluhu časově náročná varianta.

Z důvodu potřeby rychlého vytažení kolíku a opětovného nastavení přípravku do pracovní polohy bych rád využil páky. Jak již řekl známý matematik a vynálezce:

*„Dejte mi pevný bod ve vesmíru a já pohnu celou Zemí.“*

Archimédes ze Syrakus

Mnou navrhovaný přípravek nemusí hýbat celou Zemí, postačí, pokud pohne alespoň silou 11700N. Uvažuji, že obsluha je schopna vyvinout sílu 300N. Základní otázkou se stává poměr ramen páky. Pokud zvolím dvojjzvatnou páku vím, že pozitivním aspektem z hlediska obsluhy je umístit pevný bod co nejbližší zvedanému tělesu. Proto zvolím-li si třeba vzdálenost 50mm,

pak ovládací rameno páky by muselo být dlouhé 1950mm. Tato délka ramene odpovídá pákovým nůžkám, které se umísťují samostatně do prostoru s dostatečným manipulačním prostorem okolo. Proto je nutné toto rameno pokud možno co nejvíce zkrátit. Z čehož vyplývá, využít soustavy pák neboli PÁKOVÍ.

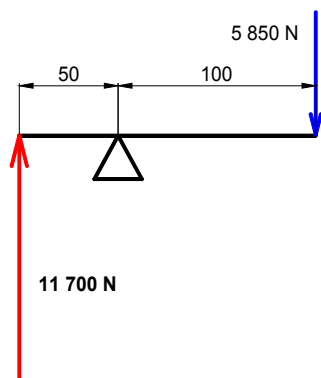
Při racionalizaci dané páky jsem uvažoval jednoduchost konstrukce a následné obsluhy. Volil jsem jednu dvojitou páku o celkové délce 150mm při zachování ramene (50mm), na kterém působí síla 11700N. Na konci této páky bude působit síla 5850N. Proto nad tuto dvojitou páku navrhnu páku jednozvrtnou, abych zachoval linearitu pohybu sil a měl výhodnější tažení páky k zemi. Dále volím poměr ramen vůči reakčním silám, pro dostatečně ovladatelnou páku délky 600mm je druhý kloub vzdálen od prvního alespoň 31mm (aby vyvolal sílu 5850N). Pomocí tohoto jednoduchého mechanismu jsem schopen zkrátit původní délku ramene páky (1950mm) na méně než třetinu s využitím stejné ovládací síly.



Obr. 10 Schéma pákoví

U tohoto pákoví je potřebné dále stanovit pevnostní podmínky pro obě páky a odolnost proti vzpěru v táhle ovládajícím dvojitou páku. Jelikož se jedná o značný převod sil, je nutné zvolit vhodné materiály jednotlivých součástí tak, aby jejich mechanické vlastnosti odpovídaly druhu a velikosti namáhání a zároveň je důležité zohlednit ekonomické hledisko.

Proto jsem pro konstrukci dvojitou páku zvolil materiál z ušlechtlejší oceli, která bude lépe mechanicky odpovídat silovému napětí. Táhlou a jednozvrtnou páku již nepřenáší tak vysoké síly a proto mohou být zhotoveny z levnějšího druhu oceli. Důležité je řešení uložení kloubů, která budou součástí plechu upevněného k rámu přípravku.

**Dimenzování pákoví:**

Obr. 11 Dvojzvrtná páka

Jako materiál páky jsem zvolil 16MnCr5+A. Tento materiál má dovolené namáhání v ohybu 288MPa.

Obdélníková tyč z tohoto materiálu je v různých provedeních rozměrů viz Tab. 5.

$$M_O = 11700 \cdot 50 = 585 \text{ Nm}$$

$$W_O = 2031,25 \text{ mm}^3$$

$$b_{1min} = \sqrt{\frac{W_O \cdot 6}{h}}$$

$$b_{2min} = \sqrt{\frac{W_O \cdot 6}{2 \cdot h}}$$

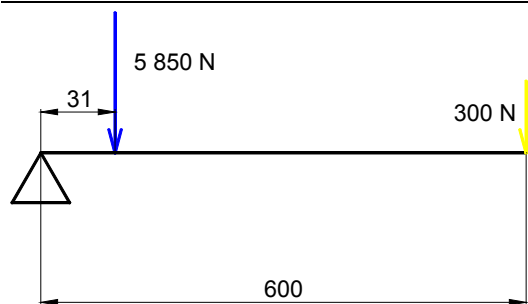
$$b_{1sk} = b_{1min} + \varnothing d \quad b_{2sk} = b_{2min} + \varnothing d$$

Tab. 5 Dimenzování dvojzvrtné páky

b [mm]	h [mm]	$\sigma_{DO}$ [MPa]	$M_O$ [Nmm]	$W_O$ [mm <sup>3</sup> ]	$\varnothing d$ [mm]	$b_{1min}$ [mm]	$b_{1sk}$ [mm]	$b_{2min}$ [mm]	$b_{2sk}$ [mm]
20	10	288	585000	2031,25	13	34,91	47,91	24,69	37,69
25	10					34,91	47,91	24,69	37,69
25	16					27,60	40,60	19,52	32,52
30	10					34,91	47,91	24,69	37,69
30	16					27,60	40,60	19,52	32,52
30	20					24,69	37,69	17,46	30,46
35	12					31,87	44,87	22,53	35,53
35	20					24,69	37,69	17,46	30,46
40	10					34,91	47,91	24,69	37,69
40	16					27,60	40,60	19,52	32,52

V tabulce 5 je znázorněno dimenzování rozměru profilu dvojzvrtné páky. Základní rozměry ploché tyče byly vybrány dle katalogu na základě zvoleného materiálu 16MnCr5+A. Otvor (13mm) je zvolen z důvodu upevnění páky pomocí lícovaného ŠROUBU M12, který zajistí vhodné pohybové vlastnosti kloubovému spojení. Výpočet minimální šířky ploché tyče je proveden tak, aby materiál odolal ohybovému namáhání a bylo v něm možno zhotovit již výše zmíněný otvor. Po prvních výpočtech  $b_{1sk}$  jsem dospěl k závěru, že je nutné páku zešířit do stran. Zvolil jsem tedy, že dvojzvrtná páka přenášející největší ohybový moment bude zhotovena ze dvou totožných kusů, na které se následně rozloží napětí.

V tabulce jsou patrné 3 červené hodnoty, které jsou velmi blízké rozměru b ploché tyče, který je možné pořídit, avšak jej mírně přesahují a mohly by způsobit destrukci páky. Dále jsou v tabulce zvýrazněny tři hodnoty zeleně, tyto hodnoty jsou již nižší než rozměr b tyče a zaručují výdrž páky na ohyb. Z těchto tří hodnot si zvolím **PLOCHOU TYČ 40×10**.



Obr. 12 Jednozvrtná páka

Touto jednozvrtnou pákou bude obsluha svou vynaloženou silou působit přes vzpěru na dvojzvrtnou páku, která pak následně bude působit na svorku. Převod sil zde není nikterak veliký jako v předchozím případě, ale je důležité stanovit základní profil polotovaru, ze kterého bude tato páka konstruována. Byla by vcelku vhodná

možnost jednoduché změny délky páky. Dále je zbytečné vyrábět páku z jednoho monolitního kusu materiálu, který bude neúměrně těžký a neergonomický. Proto navrhuji páku vyrobenou z krátkého hranolu, který bude snazší opracovat do požadovaného tvaru uložení. Hranol bude zakončen čepem, na který bude možné nasadit trubku požadované světlosti a tím se zajistí vyměnitelnost a flexibilita páky. Pro výrobu kloubu páky musím uvažovat s otvorem pro lícovaný šroub 13mm. V případě potřeby vytvoření čepu pro nasazení páky ve formě trubky bude nejlépe vyhovovat čtvercový profil.

S ohledem na zhotovení otvoru jsem vybíral z rozměrových řad čtvercových tyčí 20, 25, 30, 35, 40. Všechny tyto čtvercové tyče se zhotovují z materiálů C45, S235JR a 16MnCr5.

Tab. 6 Mechanické vlastnosti vybraných materiálů

	Rm [MPa]	Re [MPa]	$\sigma_{DO}$ [MPa]
1. S235JR	400	186	150
2. C45	530	305	210
3. 16MnCr5	785	590	288

$$M_O = 300 \cdot 600 = 180 \text{ Nm}$$

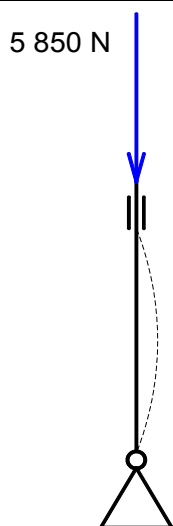
$$b = a - \varnothing d \text{ [mm]}$$

$$h_{min} = \frac{W_O \cdot 6}{b^2} \text{ [mm]}$$

Tab. 7 Vypočtené hodnoty dimenzování jednozvrtné páky

a [mm]	b [mm]	Ød [mm]	M <sub>O</sub> [Nmm]	σ <sub>DO</sub> [MPa]			W <sub>O</sub> [mm <sup>3</sup> ]			h <sub>min</sub> [mm]		
				1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
20	7	13	180000	150	210	288	1200	857	625	146,9	105,0	76,5
25	12									50,0	35,7	26,0
30	17									24,9	17,8	13,0
35	22									14,9	10,6	7,7
40	27									9,9	7,1	5,1

Hodnota  $h_{min}$  udává nejmenší potřebnou šířku profilu kloubu páky. Jelikož jsem zvolil, že dvojzvrtná páka bude složena ze dvou kusů, pak i kloub jednozvrtné páky by měl tomuto uspořádání odpovídat. Proto je vhodné, aby tvar kloubu byla vidlice. Na její výrobu by měla postačit čtvercová tyč **30×30 z materiálu 16MnCr5** zvýrazněná v tabulce 7 žlutě.



Obr. 13 Táhlo, schéma vzpěru

Táhlo bude spojovacím prvkem mezi dvojzvratnou a jednozvratnou pákou, viz schéma na Obr. 10. Jak je patrné z Obr. 13 táhlo bude přenášet sílu 5850N (touto silou bude namáháno na vzpěr). Uložení táhla z hlediska vzpěru je oboustranně v kloubech. Nyní je potřeba zvolit profil, ze kterého bude táhlo zhotoveno a následně dimenzováno na jeho kritickou délku, při které by došlo k průhybu táhla.

Pro profil táhla jsem zvolil plochou tyč 20x10mm. Druh materiálu táhla není pro výpočet nyní důležitý, proto jeho volbu nechám až na samotnou konstrukci táhla.

Dimenzování:

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

$$F = 5850 \text{ N}$$

$$b = 20 \text{ mm}$$

$$h = 10 \text{ mm}$$

Kvadratický moment plochy:

$$I_{min} = \frac{b \cdot h^3}{12} [\text{mm}^4] \quad (22)$$

Kritická síla:

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{l_{red}^2} [\text{N}] \quad (23)$$

U tohoto druhu uložení je  $l_{red} = l$

$$I_{min} \doteq 1666,7 \text{ mm}^4$$

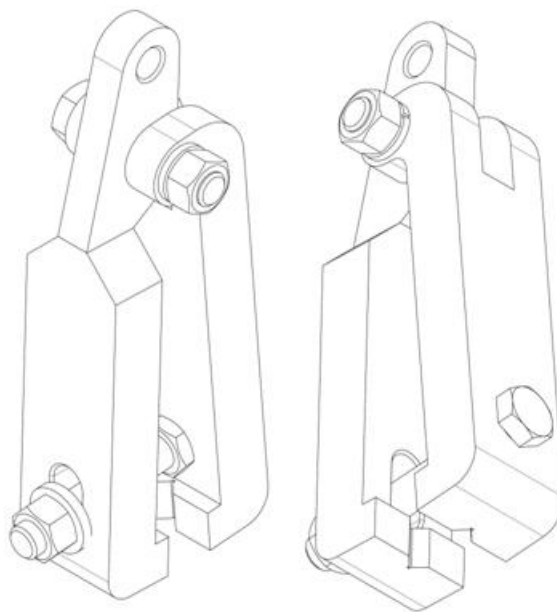
$$l \leq \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{F}} \doteq 768 \text{ mm}$$

Výpočtem jsem si ověřil, že táhlo tohoto profilu by muselo být dlouhé více než 768mm, aby došlo k jeho průhybu vzpěrem silou 5850N. Vzhledem k aplikaci je jasné, že takto dlouhé táhlo nemá smysl ani vyrábět, a proto volbu délky táhla nechám až podle konstrukčního řešení celého pákoví tak, aby umožnilo dostatečnou pohyblivost pákoví a přitom nekladlo vysoké nároky na pořizovací cenu materiálu pákoví.

### 3 Konstrukce přípravku

Při konstrukci přípravku jsem musel zohlednit zásady tvoření výkresové dokumentace. Vyvaroval jsem se zbytečně složitým tvarům, které by prodražili výrobu součástí. Zohlednil jsem důležitost tolerance rozměrů u jednotlivých částí, s ohledem na jejich funkčnost.

#### 3.1 Svěrka



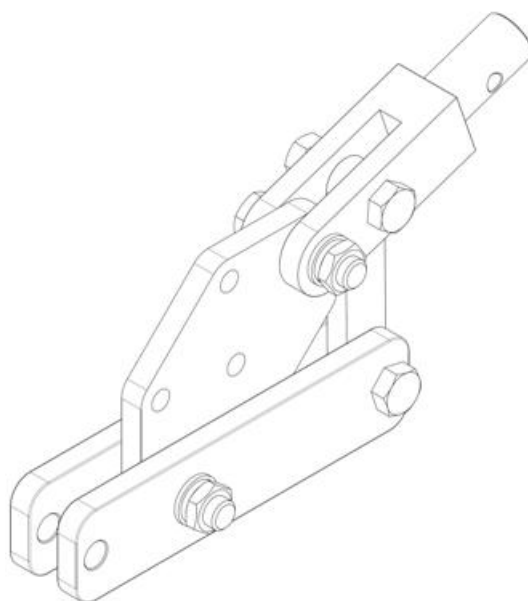
*Obr. 14 Svěrka*

U svěrky (Příl. č. 2) pro mě bylo směrodatné dodržení průřezu v oblasti stahovacího šroubu na takové hranici, která by překonala ohybový modul navrhovaných  $1808 \text{ mm}^3$ . Můj návrh v tomto místě má ohybový modul  $2552 \text{ mm}^3$ , což předurčuje svěrku k odolnosti vůči ohybu.

Dalším důležitým prvkem konstrukce svěrky je upravení kontaktních ploch čelistí do podoby rybiny tak, aby byly schopny co nejlépe uchopit válcovité tvary.

Neméně důležité bylo zhotovení odolného kloubu této svěrky, která na krátké vzdálenosti bude manipulovat se značnými tlaky. Jako kloub jsem zvolil lícovaný šroub M12×55 ČSN 02 1112. Tloušťka stěny otvoru na čelistech v místě kloubu činí 5,5 mm. Otláčení těchto ploch od reakční síly by pak činilo 16 MPa, s ohledem na zvolený druh oceli se jedná o zanedbatelnou hodnotu.

### 3.2 Pákoví



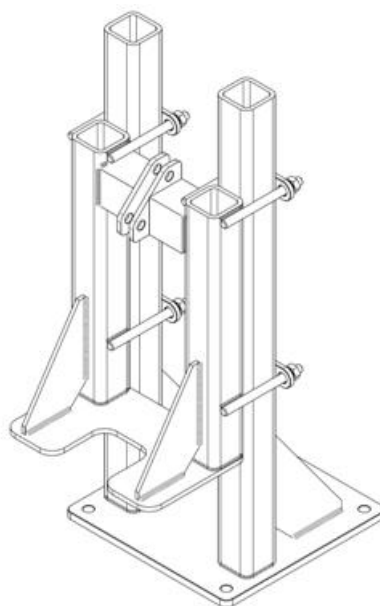
Obr. 15 Pákoví

Pákoví (Příl. č. 5) jsem sestavil podle předběžného návrhu v kapitole 2.5, aby odpovídalo požadavkům na přenos sil. Použité materiály jsou vybrány s ohledem na předpokládané mechanické namáhání jednotlivých částí tohoto mechanismu. Jako klouby pák jsem navrhl lícované šrouby (M12×50 a M10×50) ČSN 02 1112. Kdy M12 jsou na desce (Příl. č. 6) a M10 jsou na táhle (Příl. č. 9).

Na pákoví je možné připevnit libovolně dlouhou rukojeť vytvořenou z trubky s vnějším Ø31,8mm. Pro tento přípravek je dostatečná rukojeť délky 570mm. Takto dlouhá rukojeť bude stačit k provedení demontáže, jak jsem již dokázal v návrhu. Pákoví bude připevněno k rámu šrouby, pro které jsou v desce připraveny tři otvory viz Obr. 15.

Délku táhla jsem volil až podle celkové konstrukce pákoví, respektive vytahováku kolíku. Díky možnostem vytvoření 3D modelu v prostředí programu Autodesk® Inventor® 2010 jsem prvotní návrh dle své myšlenky mohl dále upravovat a rozvíjet tak, aby byla dosažena co největší pohyblivost přípravku a přitom zůstaly zachovány základní důležité vstupní údaje potřebné ke konstrukci. Díky tomuto modelářskému softwaru jsem byl schopen rychle přepracovat změny v návaznosti součást×celek. Například při návrhu táhla jsem musel několikrát měnit rozměr kvůli zjištěným následným kolizím při pohybu páky. Tím se i několikrát projevíly změny ve výkresové dokumentaci, než získaly finální podobu.

### 3.3 Rám



Obr. 16 Rám

Pro rám přípravku jsem navrhl dva k sobě připevněné svařence (Příl. č. 11, 12 a 15). Tento druh rámu by měl zajistit dostatečnou tuhost demontážní soustavy. Materiály rámu jsou běžně dostupné konstrukční oceli, volené s pokud možno zaručitelnou svařitelností.

#### 3.3.1 Svařenec – A (Příl. č. 12)

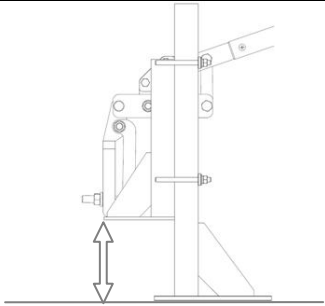
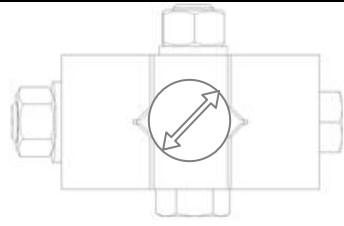
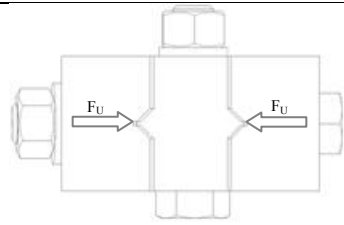
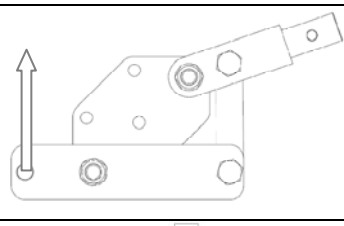
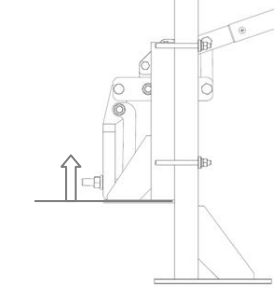
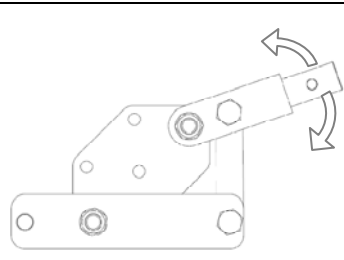
Tuto část rámu jsem navrhl tak, aby ji bylo možno připevnit pevně k desce pracovního stolu, podobně jako se připevňují dílenské svěráky pomocí čtyř šroubů skrz pracovní desku stolu. Na patní desku (Příl. č. 13) jsem navrhl navařit dvě na sebe rovnoběžné a na patní desku kolmé čtyřhranné trubky TR 4HR 40×4 -500 EN 10219, které budou sloužit jako vodící lyže pro svařenec – B (Příl. č. 15). Pro zvýšení tuhosti jsem navrhl vyztužit čtyřhranné trubky vůči patní desce vzpěrou – A (Příl. č. 14). Tuto vzpěru je nutné navařit do středu čtyřhranné trubky dle výkresové dokumentace (Příl. č. 12) a patrně na Obr. 16.

#### 3.3.2 Svařenec – B (Příl. č. 15)

Tento svařenec jsem navrhl tak, aby byl výškově nastavitelný pro změnu výšky opěrky (Příl. č. 16) od desky pracovního stolu z důvodu rozdílných výšek různých řad převodových skříní. Toto výškové nastavení bude uskutečněno pomocí čtyř stahovacích podložek dosedajících na čtyřhranné trubky svařence – A. Dále na tento svařenec bude připevněno pákoví (Příl. č. 5). Tuhost svařence proti roztažení trubek do stran bude zajištěna připevněním pákoví.



### 3.4 Technické parametry přípravku

	Výškově nastavitelná opěrka rámu. Pro možnost demontáže středících kolíků z různě vysokých převodových skříní. Základní typ převodové skříně, pro který jsem navrhoval přípravek je vysoký 138mm.	Výška (80-230)mm
	Schopnost uchopit válcové předměty různých rozměrů.	(Ø6,5-20)mm
	Upínací síla svěrky po dotažení stahovací matice momentem 60Nm.	20800N
	Tažná síla pákoví při působení síly 300N na jednozvrtné páce o délce 600mm	11700N
	Zdvih svěrky. Bráno od spodní hrany opěrky rámu po maximální možný pohyb dvojzvrtné páky.	15,3mm
	Chod jednozvrtné páky (dolní mez/horní mez/celkem)	20°12' / 40°30' / 60°42'
	Celková hmotnost přípravku	18kg

Všechny rozměrové parametry přípravku jsem odměřil z věrohodného 3D modelu stvořeného v měřítku 1:1 v programu Autodesk® Inventor® 2010. Tento kreslicí modelářský software mi tak poskytl dostupnou možnost realizace a vizualizace mého projektu.

Program poskytuje možnost tvoření 3D modelu součástí a sestav. Kdy sestavy komponent je možné i realisticky rozhábat a tím provést simulaci možné konstrukční kolize. Tohoto jsem využil a za pomoci této detekce kolizí přepracoval již stvořené součásti jednoduše a rychle tak, aby byly provozně funkční.

Dále mi program Inventor® poskytl díky své zakomponované aplikaci pevnostních analýz rychlé orientační simulace namáhání nejpodstatnějších komponent, jako je například dvojzvrtná páka a čelisti svěrky. Tyto pevnostní analýzy metody FEM (MKP) poskytly možnost provázanosti dimenzování s konstrukcí, kdy bylo potřeba zohlednit kritické body deformací či prodloužení. A na základě těchto simulací pak upravit řešený díl tak, aby byl schopen zastat svoji provozní povahu. Tyto simulace pro mě byly jen orientační a nepřisuzuji jim stejnou váhu, kterou by mohly poskytnout programy zaměřené na pevnostní analýzu (ANSYS). Proto jsem ve své práci neuvedl výsledky dosažené touto aplikací.

A v poslední řadě bych chtěl vyzdvihnout snadnou tvorbu výkresové dokumentace v programu Inventor®, kdy bylo otázkou jen několika okamžiků ze stvořených 3D modelů získat potřebné 2D plány (detaily).

## 4 Technicko-ekonomické zhodnocení

Toto část směřuji tak, aby byla nalezena rozumná pořizovací cena přípravku. Součástí zhodnocení je i soupiska potřebného materiálu. Ceny zde uvedené jsou cenami pro běžného koncového odběratele, bez jakýchkoliv slev (ať již množstevních či zákaznických). Jedná se zde o ceny k aktuálnímu datu stvoření tohoto dokumentu (tj. 05/2011), proto je nutné tyto ceny brát pouze jako orientační (ceny materiálu pro budoucího výrobce tohoto přípravku mohou být rozdílné).

V neposlední řadě je nutné do kalkulace zahrnout náklady spojené s výrobou, tzn. náklady na provedení požadovaných technologických operací (např. obrábění, povrchové úpravy atd.). V této položce (částce) jsou zahrnuty pro každý kus přípravku náklady na stroj/nástroj a obsluhu.

Pro odhad ceny přípravku jsem sestavil tabulku KALKULACE VÝKONŮ (pro nedostatek reálných nákladů jsem použil data ze cvičení Projektování výrobních procesů).

Tab. 8 KALKULACE VÝKONŮ (vzor)			
1	<b>Materiál</b>	55,60	Kč
2	<b>Mzdy (1ks)</b>	43,85	Kč
3	<b>Ostatní přímé náklady</b>	-	Kč
4	<b>Výrobní režie (350%)</b>	153,48	Kč
5	<b>Správní režie (120%)</b>	52,62	Kč
6	<b>Součet – vlastní náklady</b>	249,95	Kč
7	<b>Zisk (10%)</b>	25,00	Kč
8	<b>Součet – základní cena</b>	330,55	Kč
9	<b>DPH (20%)</b>	66,11	Kč
10	<b>Cena vč. DPH</b>	<b>396,66</b>	Kč
Poznámka: $\check{r}6=(\check{r}2+\check{r}3+\check{r}4+\check{r}5)$ $\check{r}8=(\check{r}1+\check{r}6+\check{r}7)$ Zdroj: cvičení Projektování výrobních procesů			

**Materiál** - jedná se o cenu vynaloženou za polotovary pro daný výrobek.

**Mzdy** - stanovují se na základě výrobních postupů (zde jsem použil pouze odhad), z rozvahy dle operací, které je nutné na výrobku provést a samozřejmě jeho složitosti.

Jedná se pouze o odhad ceny navrhovatele (projektanta). Výsledná výrobní cena se bude lišit s ohledem na možnosti zhotovitele a další upřesňující potřeby zadavatele.

## 4.1 Odhad výrobní a montážní ceny přípravku

### 4.1.1 Cena svěrky

#### Čelist – A (Příl. č. 2)

Polotovar: 4HR 40 A-170 EN 10059 mat. 16MnCr5+A

Operace: frézování  
vrtání  
tepelné zpracování

Materiál	73,60	Kč
Mzdy	130,00	Kč
Výrobní režie	455,00	Kč
Správní režie	156,00	Kč
Vlastní náklady	741,00	Kč
Zisk	74,10	Kč
Základní cena	888,70	Kč
DPH	177,74	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>1066,44</b>	<b>Kč</b>

#### Čelist – B (Příl. č. 4)

Polotovar: 4HR 40 A-205 EN 10059, mat. 16MnCr5+A

Operace: frézování  
vrtání  
tepelné zpracování

Materiál	110,40	Kč
Mzdy	130,00	Kč
Výrobní režie	455,00	Kč
Správní režie	156,00	Kč
Vlastní náklady	741,00	Kč
Zisk	74,10	Kč
Základní cena	925,50	Kč
DPH	185,10	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>1110,60</b>	<b>Kč</b>

Předběžný odhad ceny za materiál svěrky činí 265,76 Kč. Do ceny materiálu jsou přičteny i ceny spojovacích materiálu použitých na svěrku, které činí 81,16 Kč. Mohu předpokládat, že výrobní náklady na svěrku budou značné z důvodu předepsaných přesností dle dispozic výkresové dokumentace (zvláště tvarová náročnost), aby mohla svěrka plnit svůj účel a byly zachovány navržené parametry upínání. Předpokládám, že nejnákladnější operací bude tepelné zpracování, protože cementování a kalení kusové výroby je značně nákladné.

Proto můj odhad ceny svěrky činí **2 358,80 Kč**. V této částce jsou započteny fiktivní mzdy, které by měly pokrýt skutečné náklady spojené s výrobou.

### 4.1.2 Cena pákoví

#### Deska (Příl. č. 6)

Polotovary: plech 10×100×100 EN 10029-A-N,  
mat. S235JR

Operace: dělení  
vrtání  
zámečnick

Materiál	25,31	Kč
Mzdy	30,00	Kč
Výrobní režie	105,00	Kč
Správní režie	36,00	Kč
Vlastní náklady	171,00	Kč
Zisk	17,10	Kč
Základní cena	213,41	Kč
DPH	42,68	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>256,09</b>	<b>Kč</b>

#### Dvojitá páka (Příl. č. 7)

Polotovary: 4HR 40×10-345 EN 10059,  
mat. 16MnCr5+A

Operace: dělení  
vrtání  
zámečnick

Materiál	54,56	Kč
Mzdy	2x20,00	Kč
Výrobní režie	140,00	Kč
Správní režie	48,00	Kč
Vlastní náklady	228,00	Kč
Zisk	22,80	Kč
Základní cena	305,36	Kč
DPH	61,07	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>366,43</b>	<b>Kč</b>

#### Jednotvářná páka (Příl. č. 8)

Polotovary: 4HR 30-130 EN 10059, mat. 16MnCr5+A

Operace: vrtání  
frézování  
zámečnick

Materiál	35,70	Kč
Mzdy	30,00	Kč
Výrobní režie	105,00	Kč
Správní režie	36,00	Kč
Vlastní náklady	171,00	Kč
Zisk	17,10	Kč
Základní cena	223,80	Kč
DPH	44,76	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>268,56</b>	<b>Kč</b>

#### Táhlo (Příl. č. 9)

Polotovary: 4HR 20×10-100 EN 10059, mat. S235JR

Operace: vrtání  
zámečnick

Materiál	6,35	Kč
Mzdy	3,00	Kč
Výrobní režie	10,50	Kč
Správní režie	3,60	Kč
Vlastní náklady	17,10	Kč
Zisk	1,71	Kč
Základní cena	25,16	Kč
DPH	5,03	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>30,19</b>	<b>Kč</b>

**Rukojeť (Příl. č. 10)**

Polotovary: TR 31,8×5-570 ČSN 42 5717, mat. S235JR

Operace: vrtání  
zámečnick

Materiál	90,78	Kč
Mzdy	1,50	Kč
Výrobní režie	5,25	Kč
Správní režie	1,80	Kč
Vlastní náklady	8,55	Kč
Zisk	0,86	Kč
Základní cena	100,19	Kč
DPH	20,04	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>120,22</b>	<b>Kč</b>

Odhad ceny materiálu se započtenými spojovacími prvky v hodnotě 88,92 Kč pro pákoví je 301,62 Kč. Technologie výroby komponentů pákoví není příliš náročná, což se odrazilo v odhadu mezd za dané úkony při zpracování.

Celkový odhad na pokrytí nákladů spojených se zhotovením a kompletací pákoví činí **1 100,97 Kč**.

**4.1.3 Cena rámu****Patní deska (Příl. č. 13)**Polotovary: plech 8×200×200 EN 10029-A-N,  
mat. S235JROperace: vrtání  
zámečnick

Materiál	81,76	Kč
Mzdy	4,00	Kč
Výrobní režie	14,00	Kč
Správní režie	4,80	Kč
Vlastní náklady	22,80	Kč
Zisk	2,28	Kč
Základní cena	106,84	Kč
DPH	21,37	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>128,21</b>	<b>Kč</b>

**Vzpěra - A (Příl. č. 14)**

Polotovary: plech 4×155×95 EN 10029-A-N, mat. DD14

Operace: dělení  
zámečnick

Materiál	12,83	Kč
Mzdy	2x2,00	Kč
Výrobní režie	14,00	Kč
Správní režie	4,80	Kč
Vlastní náklady	22,80	Kč
Zisk	2,28	Kč
Základní cena	37,91	Kč
DPH	7,58	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>45,49</b>	<b>Kč</b>

**Opěrka (Příl. č. 16)**Polotovary: plech 8×120×180 EN 10029-A-N,  
mat. S235JROperace: dělení  
zámečnick

Materiál	33,31	Kč
Mzdy	4,00	Kč
Výrobní režie	14,00	Kč
Správní režie	4,80	Kč
Vlastní náklady	22,80	Kč
Zisk	2,28	Kč
Základní cena	58,39	Kč
DPH	11,68	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>70,07</b>	<b>Kč</b>

**Příruba (Příl. č. 17)**

Polotovary: plech 5×60×125 EN 10029-A-N,  
mat. S235JR

Operace: dělení  
zámečnick

Materiál	7,67	Kč
Mzdy	2x2,50	Kč
Výrobní režie	17,50	Kč
Správní režie	6,00	Kč
Vlastní náklady	28,50	Kč
Zisk	2,85	Kč
Základní cena	39,02	Kč
DPH	7,80	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>46,82</b>	<b>Kč</b>

**Vzpěra - B (Příl. č. 18)**

Polotovary: plech 4×135×75 EN 10029-A-N,  
mat. S235JR

Operace: dělení  
zámečnick

Materiál	8,89	Kč
Mzdy	2x2,00	Kč
Výrobní režie	14,00	Kč
Správní režie	4,80	Kč
Vlastní náklady	22,80	Kč
Zisk	2,28	Kč
Základní cena	33,97	Kč
DPH	6,79	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>40,76</b>	<b>Kč</b>

**Stahovací šroub (Příl. č. 19)**

Polotovary: tyč Ø8-760 EN 10060, mat S235JR

Operace: dělení  
zámečnick

Materiál	7,88	Kč
Mzdy	8x0,50	Kč
Výrobní režie	14,00	Kč
Správní režie	4,80	Kč
Vlastní náklady	22,80	Kč
Zisk	2,28	Kč
Základní cena	32,96	Kč
DPH	6,59	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>39,55</b>	<b>Kč</b>

**Stahovací podložka (Příl. č. 20)**

Polotovary: 4HR 20×5-100 EN 10059, mat. S235JR

Operace: dělení  
vrtání  
zámečnick

Materiál	10,57	Kč
Mzdy	4x1,00	Kč
Výrobní režie	14,00	Kč
Správní režie	4,80	Kč
Vlastní náklady	22,80	Kč
Zisk	2,28	Kč
Základní cena	35,65	Kč
DPH	7,13	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>42,78</b>	<b>Kč</b>

**Trubka 4HR**

Polotovary: TR 4HR 40-1550 EN 10219, mat. S235JR

Operace: dělení  
zámečnick

Materiál	181,98	Kč
Mzdy	4x1,00	Kč
Výrobní režie	14,00	Kč
Správní režie	4,80	Kč
Vlastní náklady	22,80	Kč
Zisk	2,28	Kč
Základní cena	207,06	Kč
DPH	41,41	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>248,47</b>	<b>Kč</b>

**Tyč L**

Polotovar: tyč L 40×40×5-85 EN 10056, mat S235JR

Operace: dělení  
zámečnick

Materiál	5,87	Kč
Mzdy	2x1,00	Kč
Výrobní režie	7,00	Kč
Správní režie	2,40	Kč
Vlastní náklady	11,40	Kč
Zisk	1,14	Kč
Základní cena	18,41	Kč
DPH	3,68	Kč
<b>Cena vč. DPH</b>	<b>22,09</b>	<b>Kč</b>

U jednotlivých dílčích částí rámu jsem neuvažoval náklady na svařovací materiál a práci. Proto jsem k ceně materiálu pro rám připočítal částku 150Kč za použité svařovací prostředky a 250Kč za práci svářeče a lidí s tímto procesem spojených a podílejících se na výrobku. Cena materiálu pro výrobu rámu činí 593,10Kč, celková cena rámu (materiál, práce a ostatní náklady) činí **1 181,45 Kč**.

Tab. 9 Spojovací materiál

ŠROUBY				
ks	druh	norma	Kč/100ks*	cena
1	M12x90	ISO 4018-8.8	474,83	4,75
1	M12x55	ČSN 02 1112	3 897,3	38,97
1	M12x50	ČSN 02 1112	3 962,40	39,62
1	M10x50	ČSN 02 1112	3 941,3	39,41
1	M12x45	ČSN 02 1112	899	8,99
1	M10x45	ČSN 02 1112	3 334,61	33,35
3	M8x30	ISO 4017	77,1	2,31
1	M6x40	ISO 7043 (H)	100,65	1,01
MATICE				
2	M12	ISO 4032-8.8	87,3	1,75
3	M12	ISO 4035	119,9	3,60
2	M10	ISO 4032	68,48	1,37
11	M8	ISO 4032	47,58	5,23
1	M6	ISO 4032	10,64	0,11
PODLOŽKY				
14	12	ČSN 02 1740	12,64	1,77
2	10	ČSN 02 1740	12,35	0,25
1	6	ČSN 02 1740	3,01	0,03
16	12	ISO 7092	43,1	6,90
1	12	ČSN 24 3553	-	35,00
OSTATNÍ				
1	ČEP 10x45	ISO 2341 B	3 749,46	37,49
1	ZÁVLAČKA 3,2	ISO1234	11,8	0,12
<b>Celkem:</b>				<b>262,02</b>
Poznámka: * ceny jsou uvedeny bez DPH; aktuální k 11. 5. 2011				



## 4.2 Celková cena vytahováku kolíků

Ceny materiálu jednotlivých konstrukčních částí (hutní materiál) jsem čerpal z katalogu velkoobchodu s hutním materiálem Ferona <sup>[9]</sup>, ceny spojovacího materiálu z katalogu firmy Kallich <sup>[11]</sup>. Tyto ceny jsou cenami základními za množstevní jednotku, neuvažují jakékoli slevy nebo odpočty z ceny pro velkoodběratele. Částka za použitý materiál tedy činí:

### CENA MATERIÁLU 1 159,48 Kč

Jak jsem uvedl výše, nepodařilo se mi bohužel získat reálná data pro náklady jednotlivých operací. Proto jsem se dle svých zkušeností snažil zohlednit náročnost jednotlivých operací v mnou zvolených mzdových nákladech.

***Chci upozornit na skutečnost, že tyto výpočty slouží pouze jako hrubý odhad ceny přípravku jako celku! Z toho důvodu je nelze brát za směrodatné, ale pouze jako ORIENTAČNÍ.***

V ceně jednotlivých částí přípravku jsou započteny náklady na výrobu a další technologické kroky spojené s jeho výrobou. Tyto částky shrnuje následující tabulka:

Tab. 10 Kalkulace ceny přípravku

SVĚRKA	2 258,80 Kč
PÁKOVÍ	1 100,97 Kč
RÁM	1 181,45 Kč
celkem VYTAHOVÁKU KOLÍKŮ	4 541,22 Kč

Tuto částku si dovolím zaokrouhlit na celé tisíce a tím stanovit orientační cenu přípravku.

### CENA PŘÍPRAVKU 5 000,- Kč

Tato cena je doporučena coby podklad pro jednání s možným budoucím výrobcem přípravku. Protože se jedná o kusovou výrobu s jednorázovým využitím, je podle mého názoru tato částka přijatelná.

## 5 Návod použití: Vytahovák kolíků

Návod slouží ke stručnému seznámení s možnostmi (a případnými omezeními) použití přípravku VYTAHOVÁKU KOLÍKŮ (Příl. č. 1). Použití přípravku musí splňovat pracovní bezpečnostní podmínky, zejména bezpečnosti práce a ochrany zdraví. Práce s ním musí být co nejjednodušší a pokud možno i rychlá.

Přípravek smí být užíván jen k účelům, pro které byl navržen.

### 5.1 Ustavení přípravku do pracovní pohotovosti

Svařenec - A (Příl. č. 12) se upevní přes patní desku (Příl. č. 13) na pracovní stůl pomocí čtyř šroubů M8 do předpřipravených děr. Tím bude zajištěna dostatečná tuhost soustavy rám/pracovní stůl. Dále na svařenec – A připevníme komponenty, které vytvoří rám (Příl. č. 11). Takto sestavený rám přípravku nastavíme tak, aby opěrka (Příl. č. 16) na svařenci – B (Příl. č. 15) byla ve výšce horní hrany převodové skříně a ta se mohla vsunout pod tuto opěrku.

Na svařenec – B přišroubujeme pákoví (Příl. č. 5). Rukojeť pákoví by měla být bezpečně ve svěšené poloze nad deskou pracovního stolu tak, aby o ni nemohl při pohybu po pracovišti zavadit nebo se o ni zranit žádný člověk.

### 5.2 Příprava k demontáži kolíků

Na již odstrojenou převodovou skříň připevníme na jeden ze středících kolíků svěrku (Příl. č. 2) tak, aby bylo možné převodovou skříň s připevněnou svěrkou zasunout pod opěrku rámu a následně svěrku připojit pomocí čepu a závlačky k pákoví.

Svěrku na kolík upevníme tak, aby čelisti byly pokud možno v přímém kontaktu s plochou převodové skříně v okolí otvoru/kolíku. Tím dosáhneme maximální možné délky uchopení kolíku.

K jednoznačnému upnutí kolíku svěrkou je nutné dotáhnout stahovací matici M12 požadovaným momentem 60 Nm. Tento vyvolá axiální sílu 25000 N, která bude přenesena přes čelisti na kolík a tím vyvolá upínací sílu (přesahující 14670 N) nutnou k sevření kolíku pro následné tažení pro eliminaci nežádoucího sklouznutí čelistí po kolíku.

Takto upevněnou svěrku s převodovou skříní zasuneme pod opěrku rámu s pákovím. S pomocí zdvižení rukojeti do horní polohy začepujeme svěrku do pákoví. Přípravek je připraven k demontáži kolíku.

### 5.3 Demontáž kolíku

Silovým působením obsluhy na konci rukojeti přípravku (cca 300 N) dojde k vytažení nalisovaného kolíku. Svěrku s vytaženým kolíkem vyčepujeme z pákoví. Svěrku upneme do svěráku. Poté uvolníme kolík ze svěrky, povolením svěrné matice, pro její další využití.

Tento postup opakujeme, dokud nedojde k vytažení všech tří středících kolíků z převodové skříně.

### 5.4 Údržba přípravku

Obsluha musí mít na paměti, že čelisti svěrky musí neustále udržovat v maximální čistotě tak, aby kontaktní plocha byla schopná kontaktního spoje s kolíkem. Za tímto účelem je nutné čelisti často a dostatečně čistit jak mechanicky, tak chemicky. Mechanické čištění za pomoci drátěného kartáče, který z povrchu odstraní hrubé nečistoty. Chemické čištění, odmaštění čelistí, pro zvýšení součinitele tření.

Je nutné kontrolovat stav opotřebení stahovacího šroubu na svěrci. V případě nadměrného opotřebení (částečného poškození) doporučuji vyměnit jak šroub, tak i stahovací matici za nový shodný kus (dle dokumentace).

Dojde-li k průhybu čelistí únavou materiálu, doporučuji čelisti vyžít na měkko. Po žíhání je srovnat na rovnacím lisu. Po zarovnání je opětovně cementovat a kalit dle příslušných částí dokumentace (Příl. č. 3 a č. 4).

Po dobu dlouhodobé nečinnosti přípravku doporučuji z přípravku demontovat rukojeť z důvodu bezpečnosti. Svěrku umístit do pracovního ponku nebo na vhodné místo, kde nedojde k jejímu nežádoucímu znečištění.

## Závěr

Cílem mé práce bylo navržení vhodného řešení a vytvoření výrobní dokumentace přípravku pro vytahování nalisovaných středících kolíků z převodovkových skříní.

Pro návrh přípravku bylo nezbytné definovat cíle zadavatele, který vytýčil jasné hranice, jakými by se návrh a konstrukce přípravku měli vydat. Seznámit se s problematikou, nastudovat potřebné materiály, zmapovat stávající stav na pracovišti a možnosti zařízení dostupných na trhu.

Pro návrh přípravku bylo důležité přesně stanovit, jakou sílu je nutné vyvinout pro bezpečné vytažení lisovaného středícího ocelového kolíku z hliníkové převodovkové skříně. Od tohoto bodu se odvíjela má další práce při výběru vhodného řešení. Variant řešení je nepřeberné množství, ve své práci jsem uvedl jen tři dle mého názoru nejvhodnější. Na základě vyhodnocení kladů a záporů jsem určil finální koncepci.

Mojí volbou je svěrka stahovaná šroubem a maticí, tato svěrka slouží k uchopení kolíku. Pro vyvinutí tažné axiální síly jsem zvolil systém pák, jejich vzájemné sestavení jsem navrhl tak, aby byla délka ramen pokud možno co nejmenší a převod síly co největší. Nejvíce namáhané části přípravku bylo nutné dimenzovat z pevnostního hlediska.

Po dokončení rozboru a dimenzování základních částí jsem přistoupil k samotnému návrhu konstrukcí přípravku. Používal jsem nástroj pro konstruktéry Autodesk® Inventor® 2010, ve kterém jsem zhotovil 3D modely jednotlivých částí přípravku a jejich seskupení do sestav. Z těchto modelů, na kterých jsem si ověřil hybnost přípravku a odladil přesné funkční parametry, jsem vytvořil výslednou výkresovou dokumentaci.

Dále jsem provedl hrubý odhad ceny přípravku, s použitím aktuálních cen materiálu a odhadnutých nákladů na výrobu.

Součástí této práce je i:

- návod pro sestavení, použití, preventivní údržbu a skladování přípravku,
- kusovník,
- výrobní dokumentace.

## Seznam literatury, prameny

- [1] CHVÁLA, B., VOTAVA, L. *Přípravky*. Praha: SNTL Praha, 1988, 214 s.
- [2] MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje - II. díl Přípravky*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1988, 182 s.
- [3] *Landsmann nářadí a nástroje : Upínací nářadí* [online]. 2011 [cit. 2011-02-23]. Svěrka ruční 40x100mm zámečnická s křídlovou maticí, TURNUS. Dostupné z WWW: <[http://www.landsmann.cz/sverka-rucni-40x100mm-zamecnicka-s-kridlovou-matici-turnus\\_d34415.html](http://www.landsmann.cz/sverka-rucni-40x100mm-zamecnicka-s-kridlovou-matici-turnus_d34415.html)>.
- [4] *Technické výpočty* [online]. 2008 [cit. 2011-03-09]. Utahovací moment šroubu . Dostupné z WWW: <[http://www.technickevypocty.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5:utahovaci-moment-roubu&catid=1:analyticke-vypoty&Itemid=7](http://www.technickevypocty.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=5:utahovaci-moment-roubu&catid=1:analyticke-vypoty&Itemid=7)>.
- [5] DRASTÍK, František; a kolektiv. *Strojnické tabulky : pro konstrukci i dílnu*. Druhé doplněné vydání. Výstavní 10, 709 00 Ostrava - Mariánské Hory : MONTANEX a.s., 1999. 727 s. ISBN 80-85780-95-X
- [6] *Nářadí-obchod.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-03-10]. Očkové klíče metrické. Dostupné z WWW: <<http://www.naradi-obchod.cz/134-klince/2635-ockove-klince-metricke-1320rm/>>.
- [7] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. dotisk 1. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2008. 90s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [8] LENERT, Jiří. *Pružnost a pevnost II*. 2. vydání. Ostrava : VŠB – Ostrava, 2009. 173s. ISBN 978-80-248-1959-4.
- [9] *Ferona : Tyč čtvercová válcovaná za tepla* [online]. 1999 [cit. 2011-03-13]. Sortimentní katalog. Dostupné z WWW: <<http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=25662#343070E>>.
- [10] *Bohdan Bolzano* [online]. 2007 [cit. 2011-03-13]. Přehled vlastností oceli 16MnCr5. Dostupné z WWW: <<http://prirucka.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/techprirI/tycovaocel/ocelikcementovani/16MnCr5/>>.
- [11] *KALLICH* [online]. 1999 [cit. 2011-05-11]. Spojovací materiál. Dostupné z WWW: <http://www.killich.cz/spojovaci-material.htm>.
- [12] NOVÁK, Z. *Nové trendy ve vývoji upínacího nářadí*. MM Průmyslové spektrum, 6/2002, s. 56-57. ISSN 1212-2572.

## Seznam příloh

Číslo přílohy	Název	Poznámka
Příloha č. 1	VYTAHOVÁK KOLÍKŮ	(hl. sestava) FER049_0_01
Příloha č. 2	SVORKA	(sestava) FER049_1_01
Příloha č. 3	ČELIST – A	FER049_1_02
Příloha č. 4	ČELIST – B	FER049_1_03
Příloha č. 5	PÁKOVÍ	(sestava) FER049_2_01
Příloha č. 6	DESKA	FER049_2_02
Příloha č. 7	DVOJZVRATNÁ PÁKA	FER049_2_03
Příloha č. 8	JEDNOZVRATNÁ PÁKA	FER049_2_04
Příloha č. 9	TÁHLO	FER049_2_05
Příloha č. 10	RUKOJEŤ	FER049_2_06
Příloha č. 11	RÁM	(sestava) FER049_3_01
Příloha č. 12	SVAŘENEC – A	(podsestava) FER049_4_01
Příloha č. 13	PATNÍ DESKA	FER049_4_02
Příloha č. 14	VZPĚRA – A	FER049_4_03
Příloha č. 15	SVAŘENEC – B	(podsestava) FER049_5_01
Příloha č. 16	OPĚRKA	FER049_5_02
Příloha č. 17	PŘÍRUBA	FER049_5_03
Příloha č. 18	VZPĚRA – B	FER049_5_04
Příloha č. 19	STAHOVACÍ ŠROUB	FER049_5_05
Příloha č. 20	STAHOVACÍ PODLOŽKA	FER049_5_06

## Seznam tabulek

Tab. 1 Parametry kolíků a děr na převodové skříni .....	15
Tab. 2 Vyhodnocení.....	20
Tab. 3 Parametry ŠROUBU M12x1,5 .....	22
Tab. 4 Rozložení sil na čelistech .....	24
Tab. 5 Dimenzování dvojzvrtné páky .....	28
Tab. 6 Mechanické vlastnosti vybraných materiálů.....	29
Tab. 7 Vypočtené hodnoty dimenzování jednozvrtné páky.....	29
Tab. 8 KALKULACE VÝKONŮ (vzor) .....	36
Tab. 9 Spojovací materiál .....	41
Tab. 10 Kalkulace ceny přípravku .....	42

## Seznam obrázků

Obr. 1 Převodová skříň s vyznačeným kolíkem .....	11
Obr. 2 Schéma uložení kolík / otvor .....	15
Obr. 3 Schéma hlavňového vytahováku.....	17
Obr. 4 Schéma samosvorných kleští .....	18
Obr. 5 Schéma svěrákové upínky .....	19
Obr. 6 Svěrka ruční zámečnická s křídlovou maticí <sup>[3]</sup> .....	21
Obr. 7 Schéma svěrky .....	21
Obr. 8 Schéma rozložení sil v rameni přípravku.....	24
Obr. 9 Rozvržení polotovaru kleští pro výpočet ohybového napětí. ....	25
Obr. 10 Schéma pákovi.....	27
Obr. 11 Dvojzvrtná páka .....	28
Obr. 12 Jednozvrtná páka.....	29
<i>Obr. 13 Táhlo, schéma vzpěru .....</i>	<i>30</i>
Obr. 14 Svěrka .....	31
Obr. 15 Pákoví .....	32
Obr. 16 Rám.....	33